

UNIVERSIDADE DE LISBOA
FACULDADE DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE INFORMÁTICA



EXPERIÊNCIAS DE REALIDADE AUMENTADA MÓVEL PARA O JARDIM BOTÂNICO TROPICAL

Rafael Rosado Torres

MESTRADO EM ENGENHARIA INFORMÁTICA
Especialização em Sistemas de Informação

Trabalho de Projeto orientado por:
Prof.^a Doutora Maria Beatriz Duarte Pereira do Carmo
e coorientado pela Prof.^a Doutora Ana Paula Boler Cláudio

2020

Agradecimentos

Não teria sido possível concluir esta tese sem a orientação e contribuição da Prof.^a Dra. Maria Beatriz Duarte Pereira do Carmo e da Prof.^a Dra. Ana Paula Boler Cláudio. Por todos os desafios encontrados neste caminho, por todas as reuniões de largas horas, o seu apoio e compreensão, toda a ajuda foi fundamental para o desenvolvimento e conclusão deste projeto, e pela contribuição que tiveram para o meu crescimento profissional. Fico para sempre agradecido às minhas orientadoras.

Agradeço igualmente ao meu colega Stefan Postolache, e aos seus orientadores Prof.^a Dra. Ana Paula Afonso e Prof. Dr. António Manuel Silva Ferreira, por este enorme projeto que construímos em conjunto, com estrita e contínua colaboração. Pelos momentos de pressão e curtos prazos a serem cumpridos, pela ajuda na utilização e implementação do servidor remoto e do gestor de *downloads* para o fornecimentos dos conteúdos de Realidade Aumentada, e os outros desafios que tivemos de ultrapassar. Fico-lhes eternamente agradecido.

Não posso deixar de agradecer à Reitoria da Universidade de Lisboa pela oportunidade única de fazer parte deste projeto. Agradecimentos especiais à Prof.^a Maria Dulce Pedroso Domingos e Prof. José Manuel Pinto Paixão, coordenadores deste projeto na Reitoria, que sempre garantiram todas as condições para que fosse concluído com sucesso.

A todos os membros da equipa que contribuíram para a finalização deste projeto: Ana Godinho, Ana Leal, César Garcia, Prof.^a Cristina Duarte, Palmira Carvalho, Prof.^a Paula Redweik, Raquel Barata e Tiago Ribeiro, o seu contributo e tempo em reuniões, fornecimento de conteúdos, requisitos e testes neste projeto foram fundamentais.

A todos os trabalhadores e funcionários do Jardim Botânico Tropical, que sempre me ajudaram em tudo o que foi necessário durante as sessões fotográficas semanais, e me fizeram sentir parte do jardim. Ao Sr. Flores, à Eunice, ao Paulo, ao Victor, ao voluntário e tratador dos animais António, e aos seguranças Ana e António pelas sempre boas conversas e partilhas às entradas e saídas do jardim.

Aos meus colegas de laboratório do MAS-BioISI, agradeço a rápida integração no ambiente de trabalho ideal, por me terem feito sentir em casa, pelos momentos de ajuda e descontração. Um obrigado especial ao Nuno Henriques, por todo o apoio e ajuda neste projeto, noites de trabalho com a música da sua coluna, e ainda as diversas discussões filosóficas.

Um enorme obrigado aos meus grandes amigos que me acompanharam desde o primeiro ano de licenciatura (alguns até desde o 3º ano do básico), pela escalada que fizemos juntos até aqui: ao Dji-Dji, David Meca, João Pedro Santos, Miguel Andrade, Miguel Tondo e Boomerang. Da mesma forma, agradeço à minha Madrinha Imaculada, ao meu Padrinho Bamba e às minhas Afilhadas Shiny e Tekken, que sempre me apoiaram. Ainda, agradeço a todos os meus coleguinhas do DI.

Ao meu Padrinho e Professor Luís Carriço por ter estado sempre disponível para me aconselhar e guiar nesta jornada desde o primeiro ano de licenciatura.

Agradeço sinceramente à minha família por todo o apoio emocional e condições que sempre me deram para ter conseguido ter esta grande oportunidade de chegar aqui e concluir este longo projeto. Em especial ao meu Pai pela câmara fotográfica e tripé que possibilitaram as sessões fotográficas semanais no JBT.

Por último, não teria conseguido concluir este projeto, sem a ajuda, apoio emocional, ombro ímpar para chorar, sorrir e crescer, e a eterna paciência da minha namorada Joana Vicente, para aturar todas as crises, prazos para ontem e noites em branco que esta tese ofereceu. Sem ti, teria sido impossível. Fico-te agradecido *ad aeternum*, do fundo do meu coração. Não me posso esquecer da tua mãe e dos seus cozinhados maravilhosos, das conversas e conselhos que vou guardar para a vida.

Obrigado a todos.

Ao meu avô Alexandre.

Resumo

O Jardim Botânico Tropical (JBT) da Universidade de Lisboa (ULisboa), anteriormente designado por Jardim do Ultramar, localizado na cidade de Lisboa, em Belém, está classificado como Monumento Nacional e possui um património vegetal especializado em flora tropical e subtropical. Nele existem mais de 500 espécies provenientes dos vários continentes.

À semelhança do que já acontece em outros jardins botânicos, foi criada uma aplicação móvel, para o sistema operativo *Android* (App JBT), com o objetivo de apoiar e melhorar a experiência dos visitantes do JBT. Os visitantes têm à sua escolha um conjunto de percursos e pontos de interesse que poderão explorar, aprender e ficar assim a conhecer o jardim: a sua flora, fauna e história.

As características atuais dos dispositivos móveis permitem desenvolver aplicações com recurso à realidade aumentada, combinando conteúdos digitais (gráficos, imagens, vídeos ou texto) sobre imagens reais (capturadas através da câmara do dispositivo), de modo a acrescentar informação útil para o utilizador.

Este projeto teve como objetivo criar experiências de realidade aumentada móvel e multimédia, para a App JBT, associadas aos pontos de interesse do JBT, visando mostrar aos visitantes aquilo que podem não conseguir observar no jardim ou informação que mude, melhore e transforme as suas visitas.

As experiências incidem sobre as espécies vegetais, animais e património arquitetónico e histórico existentes no jardim.

Palavras-chave: Jardim Botânico Tropical, Universidade de Lisboa, realidade aumentada móvel, experiências de realidade aumentada, experiências multimédia, aplicação móvel, *Android*

Abstract

The Tropical Botanical Garden (JBT) of the University of Lisbon (ULisboa), formerly known as *Jardim do Ultramar*, located in the city of Lisbon, in *Belém*, is classified as a National Monument and has a plant heritage specialized in tropical and subtropical flora. There are over 500 species from different continents.

As in other botanical gardens, a mobile application was created for the Android operating system (JBT App), with the aim of supporting and improving the experience of JBT visitors. Visitors have a choice of routes and points of interest to explore, learn and get to know the garden: its flora, fauna and history.

The current characteristics of mobile devices allow the development of applications using augmented reality, combining digital content (graphics, images, videos or text) with real images (captured through the device's camera), in order to add useful information for the user.

This project aimed to create mobile and multimedia augmented reality experiences for the JBT App, associated with JBT's points of interest, aiming to show visitors what they may not be able to observe in the garden or information that changes, improves and transforms their visits.

The experiences focus on plant, animal and architectural and historical heritage in the garden.

Keywords: Tropical Botanical Garden, University of Lisbon, mobile augmented reality, augmented reality experiences, multimedia experiences, mobile application, Android

Conteúdo

| | |
|--|-------------|
| Lista de Figuras | xvii |
| Lista de Tabelas | xix |
| 1 Introdução | 1 |
| 1.1 Motivação | 2 |
| 1.2 Objetivos | 2 |
| 1.3 Contribuições | 3 |
| 1.4 Estrutura do documento | 4 |
| 2 Trabalho relacionado | 5 |
| 2.1 Técnicas de alinhamento de RA | 5 |
| 2.1.1 Reconhecimento e rastreamento de marcas e imagens | 5 |
| 2.1.2 SLAM | 6 |
| 2.1.3 Localização | 6 |
| 2.1.4 Orientação | 6 |
| 2.1.5 Sensores de inércia | 6 |
| 2.1.6 Emissores de rádio | 6 |
| 2.1.7 Fusão de técnicas | 7 |
| 2.1.8 Alinhamento assistido por imagem | 7 |
| 2.2 Aplicações para jardins botânicos | 7 |
| 2.2.1 Com RA | 7 |
| 2.2.2 Sem RA | 18 |
| 2.3 Aplicações para guias de cidades ou museus | 23 |
| 2.4 Aplicações para criar experiências de RA | 27 |
| 2.4.1 <i>Augmented Reality — UnifiedAR - Turn Offline On (UnifiedAR)</i> | 27 |
| 2.4.2 <i>UniteAR: Create Augmented Reality (UniteAR)</i> | 28 |
| 2.4.3 <i>GuidiGo</i> | 28 |
| 2.5 Comparação das aplicações | 30 |
| 2.6 Sumário | 34 |
| 3 Ferramentas de desenvolvimento de <i>software</i> de RA | 35 |
| 3.1 Pesquisa de ferramentas | 35 |
| 3.1.1 AREB e Ferramenta de Visualização | 36 |
| 3.1.2 <i>Vuforia</i> | 37 |

| | | |
|----------|---|------------|
| 3.1.3 | <i>Wikitude</i> | 38 |
| 3.1.4 | <i>ARKit</i> | 39 |
| 3.1.5 | <i>ARCore</i> | 40 |
| 3.1.6 | <i>ARToolKit</i> | 40 |
| 3.1.7 | <i>EasyAR</i> | 41 |
| 3.1.8 | <i>Kudan</i> | 42 |
| 3.1.9 | <i>DroidAR</i> | 42 |
| 3.2 | Comparação das ferramentas | 43 |
| 3.3 | Escolha das ferramentas | 44 |
| 3.3.1 | Onde | 45 |
| 3.3.2 | O quê | 46 |
| 3.3.3 | Como | 46 |
| 3.3.4 | Testes e demonstrações | 47 |
| 3.4 | Sumário | 51 |
| 4 | Desenvolvimento da solução | 53 |
| 4.1 | Implementação das técnicas de alinhamento de RA | 53 |
| 4.1.1 | Reconhecimento e rastreamento de marcas e imagens | 53 |
| 4.1.2 | Alinhamento com recurso a sensores | 54 |
| 4.1.3 | Alinhamento assistido por imagem | 55 |
| 4.1.4 | Interface do utilizador nas técnicas de alinhamento | 57 |
| 4.1.5 | Sumário | 58 |
| 4.2 | Criação das experiências de RA e multimédia | 59 |
| 4.2.1 | Experiências de reconhecimento e rastreamento de marcas e imagens | 59 |
| 4.2.2 | Experiências de alinhamento com recurso a sensores | 63 |
| 4.2.3 | Experiências de alinhamento assistido por imagem | 71 |
| 4.2.4 | Experiências de reprodução de vídeo | 86 |
| 4.2.5 | Sumário | 89 |
| 4.3 | Integração na App JBT | 90 |
| 4.3.1 | Contribuição na App JBT | 90 |
| 4.3.2 | Componente de RA | 92 |
| 4.3.3 | Ligação com a App JBT | 94 |
| 4.3.4 | Base de dados | 99 |
| 4.3.5 | Servidor remoto | 100 |
| 4.3.6 | Paletes de cores | 101 |
| 4.3.7 | Sumário | 105 |
| 5 | Avaliação | 107 |
| 5.1 | Testes e demonstrações com utilizadores fora do Jardim | 107 |
| 5.1.1 | Encontro Ciência 2019 | 107 |
| 5.1.2 | Sessões informais | 108 |

| | | |
|----------|--|------------|
| 5.2 | Testes com os peritos no Jardim | 108 |
| 5.2.1 | Percurso “Árvores a não perder” | 108 |
| 5.2.2 | Percurso “Jardim com história” | 109 |
| 5.2.3 | Percurso das Aves | 109 |
| 5.3 | Discussão | 109 |
| 5.3.1 | Tamanho de letra | 109 |
| 5.3.2 | Diálogos de instruções | 109 |
| 5.3.3 | Experiências das aves | 110 |
| 5.3.4 | Experiências de alinhamento assistido por imagem | 111 |
| 5.3.5 | Experiências de reconhecimento e rastreamento dos azulejos | 111 |
| 6 | Conclusão | 115 |
| 6.1 | Competências adquiridas | 115 |
| 6.2 | Desafios encontrados | 116 |
| 6.3 | Trabalho futuro | 116 |
| | Bibliografia | 129 |
| A | Pesquisa de ferramentas detalhada | 131 |
| A.1 | Vuforia | 131 |
| A.2 | Wikitude | 132 |
| A.3 | ARKit | 133 |
| A.4 | ARCore | 134 |
| A.5 | ARToolKit | 134 |
| A.6 | Kudan | 135 |
| B | Método para centrar a imagem de assistência e respetivo conteúdo de vídeo ou imagem | 137 |
| C | Criação de experiências de RA recorrendo ao AREB | 139 |
| D | Criação do <i>Alpha Video</i> para as experiências de RA de reconhecimento e rastreamento de imagens e marcadores com vídeos de fundo verde | 143 |
| E | Imagens do lapso de tempo antes e depois de limpas | 147 |
| F | Arquitetura da Componente de RA | 151 |

Lista de Figuras

| | | |
|------|--|----|
| 2.1 | Rota seguida pelo utilizador em RA da aplicação ARMTA [94] | 8 |
| 2.2 | Página de um PoI (esquerda); Página de pesquisa de PoI (direita) da aplicação ARMTA [94] | 8 |
| 2.3 | Aplicação do <i>Zaubergarten</i> [56] | 9 |
| 2.4 | Aplicação do Rancho Santa Ana <i>Botanic Garden</i> [53] | 9 |
| 2.5 | Reconhecimento de imagem da aplicação do <i>SUT Botanical Garden</i> [22] e seus modelos 3D animados | 10 |
| 2.6 | Aplicação do Jardim Botânico <i>Queen Sirikit</i> [110] | 11 |
| 2.7 | Reconhecimento de imagem da aplicação do <i>SUT Botanical Garden</i> [110] e seus modelos 3D animados com informações áudio | 11 |
| 2.8 | Mensagens iniciais da aplicação do <i>Alnwick Garden</i> [73] | 12 |
| 2.9 | Ecrã inicial da aplicação do <i>Alnwick Garden</i> [73] | 12 |
| 2.10 | Mapa da aplicação do <i>Alnwick Garden</i> [73] | 13 |
| 2.11 | Experiência de RA da aplicação do <i>Alnwick Garden</i> [73] | 13 |
| 2.12 | Experiência RA da aplicação <i>Plants with Bite - Royal Botanic Garden Sydney</i> [114] | 14 |
| 2.13 | Aplicação <i>EduPARK</i> [42] | 14 |
| 2.14 | Experiências de RA da aplicação <i>EduPARK</i> [42] e suas instruções | 15 |
| 2.15 | Quiz e modo livre da aplicação <i>EduPARK</i> [42] | 16 |
| 2.16 | Interface da aplicação da Quinta da Regaleira [28] | 16 |
| 2.17 | Experiência de RA[28] | 17 |
| 2.18 | Aplicação do Parque Biológico de Gaia [104] | 17 |
| 2.19 | Aplicação do Jardim Botânico do Rio de Janeiro [39] | 18 |
| 2.20 | Página do PoI da aplicação do Jardim Botânico do Rio de Janeiro [39] | 19 |
| 2.21 | Aplicação do Jardim Botânico da Madeira [127] | 19 |
| 2.22 | Filtro por “região de origem” das espécies Jardim Botânico da Madeira [127] | 20 |
| 2.23 | Mapa do <i>Orto Botanico di Padova</i> [35] | 20 |
| 2.24 | Páginas de navegação por secções e talhões e página do PoI do <i>Orto Botanico di Padova</i> [35] | 21 |
| 2.25 | Pesquisa, mapa mundo e página das espécies de uma dada região do <i>Orto Botanico di</i> <i>Padova</i> [35] | 21 |
| 2.26 | Aplicação <i>The Royal Botanic Garden Sydney</i> [115] | 22 |
| 2.27 | Aplicação <i>Garden Guide</i> [52] | 23 |
| 2.28 | Pontos de interesse da aplicação <i>Garden Guide</i> [52] | 23 |

| | | |
|------|---|----|
| 2.29 | Aplicação <i>RJB Museo Vivo</i> [25] | 24 |
| 2.30 | Aplicação <i>Zeitfenster</i> com imagem e pinos azuis [20] | 24 |
| 2.31 | Aplicação <i>Zeitfenster</i> com imagem do passado [20] | 24 |
| 2.32 | Aplicação <i>Zeitfenster</i> com experiência de RA [57] | 25 |
| 2.33 | Experiências de RA da aplicação <i>La cocina valenciana AR</i> [120] | 26 |
| 2.34 | Experiências de RA da aplicação <i>La cocina valenciana AR</i> [120] | 26 |
| 2.35 | [9] | 27 |
| 2.36 | Reconhecimento e catálogo da aplicação <i>UnifiedAR</i> | 27 |
| 2.37 | Tipos de alinhamento e conteúdos da aplicação <i>UnifiedAR</i> [7] | 28 |
| 2.38 | Aplicação <i>UniteAR</i> [71] | 28 |
| 2.39 | Experiências de RA da aplicação <i>GuidiGo</i> [66] | 29 |
| 2.40 | Navegação com caminhos e <i>pins</i> 3D da aplicação <i>GuidiGo</i> [66] | 29 |
| 2.41 | Esculpir uma estátua do museu com a aplicação <i>GuidiGo</i> [66] | 29 |
| 2.42 | Evolução da construção do museu da aplicação <i>GuidiGo</i> [66] | 30 |
| 3.1 | Tipo de alinhamento assistido por imagem, com recurso ao giroscópio do dispositivo móvel [46] | 36 |
| 3.2 | Objeto do tipo vídeo a ser adicionado à experiência de RA [46] | 36 |
| 3.3 | Ferramenta de Visualização [46] | 37 |
| 3.4 | Exemplos de alvos do SDK <i>Vuforia</i> [105] | 38 |
| 3.5 | Teste de reconhecimento e rastreamento de marcas no interior (a, b) e no exterior (c, d) | 48 |
| 3.6 | Teste de reconhecimento e rastreamento de imagem de um cartão e renderização de um modelo 3D de uma árvore | 48 |
| 3.7 | Experiência de reconhecimento e rastreamento de marcas | 49 |
| 3.8 | Experiência de reconhecimento e rastreamento de imagens | 50 |
| 3.9 | Exemplo de fotografias tiradas ao redor da estátua da FCUL | 50 |
| 3.10 | Criação e demonstração de experiência de RA com estátua da FCUL recorrendo ao reconhecimento e rastreamento de imagem no <i>Unity</i> [126] | 50 |
| 3.11 | Experiência de RA com estátua da FCUL recorrendo ao alinhamento por giroscópio e bússola | 51 |
| 3.12 | Experiência de alinhamento assistido por imagem de pássaros a voar | 51 |
| 3.13 | Experiência de alinhamento assistido por imagem de árvore com folhas e em flor | 52 |
| 4.1 | Azulejo do Palácio dos Condes da Calheta (esquerda) e vídeo a ser renderizado por cima do azulejo (direita) | 60 |
| 4.2 | Redimensionamento e correspondência do azulejo ao azulejo gravado no vídeo | 61 |
| 4.3 | Criação e da imagem alvo (à esquerda) e resultado da experiência de reconhecimento e rastreamento do azulejo do Palácio dos Condes da Calheta (à direita) | 61 |
| 4.4 | Azulejo de árvore no lago das serpentes (esquerda) e vídeo a ser renderizado por cima do azulejo (direita) | 61 |
| 4.5 | Testes de reconhecimento e rastreamento no JBT | 62 |

| | | |
|------|---|----|
| 4.6 | Resultado da criação da experiência de reconhecimento e rastreamento do azulejo da árvore do lago das serpentes | 63 |
| 4.7 | Diálogo de aumento do volume multimédia | 63 |
| 4.8 | Diálogos de procura da imagem alvo | 63 |
| 4.9 | Diálogo de instrução do tipo de experiência de reconhecimento e rastreamento de marcas e imagens | 64 |
| 4.10 | Exemplos de fotografias de aves fornecidas, Chapim-azul (esquerda) e Garça Real (direita) | 65 |
| 4.11 | Exemplos de imagens das aves editadas | 65 |
| 4.12 | Exemplos de legendas das aves | 66 |
| 4.13 | Maus exemplos de imagens finais das aves | 66 |
| 4.14 | Bons exemplos de imagens finais das aves | 67 |
| 4.15 | Exemplos de imagens finais das aves exportadas em PNG | 67 |
| 4.16 | Exemplos de testes das experiências de RA das aves com alinhamento por GPS | 69 |
| 4.17 | Exemplos de experiências de RA das aves | 69 |
| 4.18 | Exemplos de experiência após o utilizador descobrir todas as aves | 70 |
| 4.19 | Exemplos de silhuetas de aves | 70 |
| 4.20 | Exemplos de imagens de aves após o utilizador tocar na sua silhueta | 71 |
| 4.21 | Diálogos de instruções das experiências das aves | 72 |
| 4.22 | Entrada da casa colonial com ladrilhos de pequenos animais | 72 |
| 4.23 | Captura de ecrã de frames de vídeos | 73 |
| 4.24 | Azulejo do leão no JBT, junto ao lago das serpentes | 73 |
| 4.25 | Imagem de assistência com ícone de reprodução de conteúdos multimédia | 73 |
| 4.26 | Captura de ecrã de <i>frames</i> dos vídeos com e sem fundo verde | 74 |
| 4.27 | Experiência de alinhamento assistido por imagem do azulejo do leão | 74 |
| 4.28 | Experiência de alinhamento assistido por imagem do esquilo do JBT | 75 |
| 4.29 | Experiência de alinhamento assistido por imagem da pinha da <i>Araucaria bidwillii</i> | 75 |
| 4.30 | Vídeos do pica-pau a serem unificados | 76 |
| 4.31 | Vídeo da árvore a ser unificado | 76 |
| 4.32 | Experiência de alinhamento assistido por imagem de um pica-pau do JBT | 76 |
| 4.33 | Posição, direção e inclinação da câmara na primeira sessão fotográfica à <i>Ceiba speciosa</i> . . | 77 |
| 4.34 | Fotografias da <i>Ceiba speciosa</i> antes (esquerda) e depois (direita) de limpas | 78 |
| 4.35 | Fotografias da <i>Erythrina coralloides</i> antes (esquerda) e depois (direita) de limpas | 78 |
| 4.36 | Exemplo de alinhamento de cada uma das fotografias da <i>Ceiba speciosa</i> | 79 |
| 4.37 | Exemplo de alinhamento de cada uma das fotografias da <i>Phytolacca dioica</i> | 79 |
| 4.38 | Exemplo de corte da imagem GIMP com todas as fotografias alinhadas da <i>Ceiba speciosa</i> | 80 |
| 4.39 | Exemplo de corte da imagem GIMP com todas as fotografias alinhadas da <i>Phytolacca dioica</i> | 80 |
| 4.40 | <i>Google Earth Timelapse</i> com imagem de 1984 | 81 |
| 4.41 | <i>Google Earth Timelapse</i> com imagem de 2018 | 82 |
| 4.42 | <i>SeekBar</i> já personalizado e modificado para a experiência de RA | 82 |

| | | |
|------|--|-----|
| 4.43 | Indicador do <i>SeekBar</i> com o mês da presente imagem | 82 |
| 4.44 | <i>SeekBar</i> nas diferentes estações de cada imagem | 83 |
| 4.45 | Exemplo de 4 caixas de texto informativas do mês da imagem | 83 |
| 4.46 | Botões de interação com o estado da sequência de imagens da experiência de RA | 83 |
| 4.47 | Botões de interação com a sequência de imagens da experiência de RA e sua velocidade | 84 |
| 4.48 | Exemplo de experiência de lapso de tempo vertical da árvore <i>Ceiba speciosa</i> | 84 |
| 4.49 | Exemplo de experiência de lapso de tempo horizontal da árvore <i>Phytolacca dioica</i> | 85 |
| 4.50 | Exemplos de experiências de alinhamento assistido por imagem finais | 86 |
| 4.51 | Diálogos de procura da imagem de assistência | 86 |
| 4.52 | Diálogos de instrução do tipo de alinhamento assistido por imagem | 87 |
| 4.53 | Vídeos a usar nas experiências de reprodução de vídeo | 87 |
| 4.54 | Criação do título e subtítulo do vídeo do processo de produção do café | 88 |
| 4.55 | Créditos criados no final do vídeo | 88 |
| 4.56 | Exemplo da experiência multimédia em reprodução | 89 |
| 4.57 | Exemplo da experiência multimédia em pausa | 89 |
| 4.58 | Exemplo da experiência multimédia com interface escondida | 89 |
| 4.59 | Modelo de domínio da Componente de RA | 92 |
| 4.60 | Botão de RA (esquerda) e página de um PoI com uma experiência de RA (direita) | 95 |
| 4.61 | Botões de RA das experiências do Cafeeiro e página do PoI respetivo | 95 |
| 4.62 | Botões de RA das experiências da <i>Bauhinia</i> | 96 |
| 4.63 | Botões de RA das experiências do lago das serpentes | 96 |
| 4.64 | Botões de RA numa área de interesse do percurso das aves | 97 |
| 4.65 | Capturas de ecrã da aplicação <i>AccuBattery Pro</i> , comparando a App JBT com e sem experiências iniciadas | 98 |
| 4.66 | Diálogo de instruções com a página do PoI da <i>Ceiba speciosa</i> em segundo plano | 98 |
| 4.67 | Diálogo de instruções que informa o utilizador que deverá aguardar | 99 |
| 4.68 | Mensagens informativas para o utilizador perceber o pedido de permissão de uso da câmara e a sua importância | 99 |
| 4.69 | Arquitetura de sistema da App JBT [95] | 100 |
| 4.70 | Descarregamento dos conteúdos do percurso “Árvores a não perder” da App JBT, juntamente com os conteúdos de RA | 101 |
| 4.71 | Ícones e componentes de IU criados por Tiago Ribeiro para a App JBT | 102 |
| 4.72 | Paleta de <i>Bang Wong</i> usando a ferramenta de <i>David Nichols</i> [141] | 103 |
| 4.73 | Paletes original da App JBT usando a ferramenta de <i>David Nichols</i> [101] | 103 |
| 4.74 | Paleta acessível a daltónicos <i>sunny & warm</i> usando a ferramenta de <i>David Nichols</i> [128] | 104 |
| 4.75 | Paleta acessível a daltónicos da App JBT usando a ferramenta de <i>David Nichols</i> [123] | 104 |
| 4.76 | Paleta acessível a daltónicos dos verdes a usar na App JBT usando a ferramenta de <i>David Nichols</i> [124] | 105 |
| 5.1 | Imagem de assistência de reconhecimento e rastreamento de imagens e marcas | 112 |

| | | |
|-----|--|-----|
| 5.2 | Exemplo de experiência de reconhecimento e rastreamento de imagens e marcas com novas componentes de assistência | 112 |
| 5.3 | Imagens alvo novas e otimizadas a serem usadas em cada uma das experiências | 113 |
| D.1 | Criação das opções de projeto aconselhadas | 143 |
| D.2 | Criação do ficheiro <i>kdenlive</i> e importação do conteúdo de vídeo com fundo verde | 144 |
| D.3 | Criação de cópia da faixa original e colocação por cima da original na linha de tempo | 144 |
| D.4 | Aplicação do efeito <i>Chroma Key: Advanced (Color Selection)</i> a ambas as faixas criadas | 145 |
| D.5 | Aplicação do efeito <i>Alpha Operations</i> à faixa copiada | 145 |
| D.6 | Aplicação do efeito <i>Transform</i> às duas faixas | 146 |
| E.1 | Fotografias da <i>Ceiba speciosa</i> antes (esquerda) e depois (direita) de limpas | 147 |
| E.2 | Fotografias da <i>Erythrina coralloides</i> antes (cima) e depois (baixo) de limpas | 148 |
| E.3 | Fotografias da <i>Phytolacca dioica</i> antes (cima) e depois (baixo) de limpas | 149 |
| F.1 | Arquitetura da Componente de RA | 152 |
| F.2 | Classes criadoras das experiências de RA | 153 |
| F.3 | Classes dos conteúdos de RA | 154 |
| F.4 | Classes dos conteúdos das componentes de IU e dos conteúdos de RA | 154 |
| F.5 | Classes criadoras das componentes de IU | 155 |
| F.6 | Classes das experiências de RA | 156 |

Lista de Tabelas

| | | |
|-----|--|----|
| 2.1 | Comparação de todas as aplicações deste capítulo | 31 |
| 2.2 | Comparação das aplicações com RA deste capítulo, parte 1 | 32 |
| 2.3 | Comparação das aplicações com RA deste capítulo, parte 2 | 33 |
| 3.1 | Comparação de técnicas de alinhamento dos SDK de RA | 43 |
| 3.2 | Comparação de tipo de conteúdos virtuais dos SDK de RA | 43 |
| 3.3 | Comparação de plataformas suportadas pelos SDK de RA | 43 |
| 3.4 | Comparação de licenças dos SDK de RA | 44 |
| 3.5 | Comparação de técnicas de alinhamento dos SDK de RA compatíveis, de código aberto ou com licença gratuita | 47 |

Capítulo 1

Introdução

O Jardim Botânico Tropical (JBT) situado em Lisboa, na zona monumental de Belém, junto ao Mosteiro dos Jerónimos e ao Palácio de Belém, ocupa uma área total de cerca de 7 hectares. Integrando o Parque Botânico com 5 hectares, existem várias estufas e edifícios e diversas instalações de apoio, uma xiloteca e uma biblioteca, com um património vegetal especializado em flora tropical e ainda patos, gansos, galinhas, pavões, esquilos, garças e outras aves. O Jardim foi criado a 25 de janeiro de 1906 por Alvará Régio de D. Carlos I, no contexto da organização dos serviços agrícolas coloniais e do Ensino Agronómico Colonial no Instituto de Agronomia e de Veterinária, tendo-se denominado então Jardim Colonial. Localizado originalmente nas Estufas do Conde de Farrobo (atualmente o Jardim Zoológico de Lisboa). O Jardim foi transferido em 1912 para a “Cêrca do Palácio de Belém”, onde ainda hoje se encontra. Funcionaria posteriormente como centro de investigação do Instituto de Investigação Científica Tropical (IICT) [100, 33, 34]. O Jardim foi classificado como Monumento Nacional em 2007 [100, 86, 103]. Desde 2015 que o JBT integra a Universidade de Lisboa (ULisboa), após a extinção por fusão na Universidade do IICT, sendo parte da nova Unidade Especializada IICT, criada no âmbito da ULisboa. Sendo atualmente gerido em conjunto com o Museu Nacional de História Natural e da Ciência (MNHNAC) e o Jardim Botânico de Lisboa, desenvolvendo atividades de carácter científico, educativo, cultural e de lazer, no âmbito da preservação e valorização do património e da difusão da cultura científica sobre a ciência tropical e a história e memória da ciência e da técnica nos descobrimentos, na expansão e na colonização portuguesas [33].

No âmbito da disciplina de Dissertação/Projeto em Engenharia Informática, do Mestrado em Engenharia Informática, do Departamento de Informática da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa (DI-FCUL) surgiu este projeto, proposto pela Reitoria da ULisboa, a ser desenvolvido para o sistema operativo *Android*, com o objetivo de criar experiências de realidade aumentada (RA) móvel e multimédia, associadas a vários pontos de interesse (PoI), sobre as espécies vegetais e animais existentes no Jardim, bem como sobre o seu património arquitetónico. Este trabalho está integrado num projeto mais vasto para o desenvolvimento de uma aplicação móvel para o JBT (App JBT, que pode ser descarregada em jbt.ulisboa.pt) em que participa uma equipa multidisciplinar, que, além de elementos do DI-FCUL e da Reitoria da ULisboa, a Prof.^a Doutora Maria Beatriz Duarte Pereira do Carmo, a Prof.^a Doutora Ana Paula Boler Cláudio, Prof.^a Doutora Ana Paula Afonso, Prof.^o Doutor António Ferreira, integra biólogos e outros especialistas, Ana Godinho, Ana Leal, César Garcia, Prof.^a Cristina Duarte, Palmira Carvalho, Prof.^a Paula Redweik, Raquel Barata e Tiago Ribeiro, que contribuíram para o desenvolvimento de conteúdos. Em paralelo, decorreu ou-

tra tese de mestrado em que participou, Stefan Postolache, no âmbito da disciplina de Dissertação/Projeto em Informática, do Mestrado em Informática do DI-FCUL, mais focada na criação dos PoI e percursos [95].

Apresentam-se a seguir a motivação, os objetivos, as contribuições deste trabalho e a organização do documento.

1.1 Motivação

Os jardins botânicos ajudam a manter a diversidade de plantas nas áreas urbanas e proporcionam oportunidades para os estudantes experimentarem ecossistemas complexos, são um ótimo escape das famílias à acelerada e stressante vida citadina e um ótimo sítio a visitar pelos turistas interessados em jardins e especialistas que os vêm observar. Ricos recursos ecológicos fazem dos jardins botânicos um ambiente de aprendizagem informal adequado ao ar livre. No entanto, os cartões de exibição tradicionais nos jardins só exibem informações por meio de texto ou gráficos, normalmente fornecendo apenas uma descrição muito limitada a plantas específicas [69].

Embora os chamados áudio guias, se tenham tornado bastante comuns nos últimos anos e forneçam aos visitantes explicações mais detalhadas do que a sinalização convencional, esses sistemas ainda não conseguem fornecer uma aprendizagem sistemática e interativa num ambiente ao ar livre. Por outro lado, as características atuais dos dispositivos móveis permitem desenvolver aplicações com recurso a RA, combinando conteúdos digitais sobre imagens reais, de modo a acrescentar informação útil para o utilizador. A criação de aplicações móveis integrando experiências de RA e multimédia permitem fornecer informação de forma mais rica e interativa para explorar o Jardim em atividades lúdicas e educativas [69].

O número de visitantes tem crescido nos últimos anos, tendo passado de 68 241 em 2014, para 88 143 em 2015 e 111 917 em 2016 [85]. A disponibilização de uma aplicação móvel, integrando experiências de RA e multimédia, visa também ajudar neste crescimento anual de visitantes.

1.2 Objetivos

À semelhança do que já acontece com outros parques, pretendeu-se criar uma aplicação móvel para apoiar o visitante do JBT. Este trabalho teve como objetivo principal a criação de experiências de RA móvel, associadas a PoI, incluindo:

- Identificar o tipo de alinhamento de RA adequado a cada PoI;
- Pesquisar ferramentas para a criação de experiências de RA com os tipos de alinhamento adequados a cada PoI;
- Criar conteúdos e experiências de RA associadas a cada PoI.

Atendendo a que a componente de RA está integrada numa aplicação mais vasta iniciada ao mesmo tempo, ao longo deste trabalho houve também colaboração noutras vertentes desta aplicação, incluindo:

- a criação da componente de localização baseada em GPS;
- a seleção do tipo de mapa a usar para representação dos PoI;

- o desenho de alguns aspetos da interface da aplicação.

1.3 Contribuições

O desenvolvimento deste projeto gerou várias contribuições para a App JBT e para uma das ferramentas usadas na criação das experiências de RA, *DroidAR*.

Salientam-se as seguintes colaborações com o outro elemento da equipa responsável pela implementação da componente de interface e mapas da App JBT:

1. Na componente de localização baseada em GPS: análise de problemas e verificação de qualidade de sinal GPS no JBT; implementação da componente de localização e determinação das coordenadas GPS dos PoI a assinalar no mapa do JBT;
2. Análise dos problemas relacionados com o tipo de mapa a utilizar;
3. Sobre o desenho da interface: pesquisa de soluções de interface, experiência e usabilidade, para a filtragem de PoI por tópicos, com base em aplicações já desenvolvidas; desenho da interface em *mockups*; e tratamento dos diálogos para pedido ao utilizador de captura de localização.

Relativamente à componente de experiências e conteúdos de RA e multimédia associadas aos PoI dos vários percursos da aplicação, salientam-se:

4. Pesquisa de ferramentas para o desenvolvimento das experiências de RA e criação de pequenas demonstrações de teste para as que se aproximaram mais dos requisitos pretendidos;
5. Implementação de 3 técnicas de alinhamento de RA com recurso a diferentes ferramentas: reconhecimento e rastreamento de marcas e imagens, usando o *EasyAR* [132]; alinhamento baseado em sensores, recorrendo ao *DroidAR* [16] e alinhamento assistido por imagem criado com o *Alpha Movie* [107] e recursos do *Android*;
6. Implementação de uma interface para exibição e controlo da reprodução de vídeos com recurso ao *ExoPlayer* da *Google* [62];
7. Conceção e implementação de 4 tipos diferentes de experiências de RA e multimédia, integrando imagens, vídeos, sons e texto;
8. Recolha de conteúdos para as experiências de RA e multimédia. Alguns dos conteúdos foram disponibilizados pela equipa do projeto, outros tiveram de ser adquiridos e criados. Como por exemplo, as imagens de várias espécies de árvores fotografadas semanalmente no Jardim, pesquisa dos sons das várias espécies de aves e respetiva licença livre, ou pedido de uso comercial, e criação e edição conjunta de vídeos com alunos dos Mestrados de Informática e Engenharia Informática.

Para além da contribuição direta na App JBT, ao longo do desenvolvimento e criação dos vários tipos de experiência de RA, foram criadas e adicionadas funcionalidades e alterações ao projeto de código aberto *DroidAR* [16], ferramenta usada na criação de algumas experiências de RA. Foram criadas novas funcionalidades, classes, métodos, opções de personalização e foram corrigidos erros existentes.

1.4 Estrutura do documento

Este documento encontra-se dividido em 5 capítulos diferentes, sendo que dentro deles existem várias secções, subsecções e sub-subsecções:

- Capítulo 1 – é mencionado sucintamente o enquadramento institucional em que o trabalho decorreu, apresentado o seu contexto, são expostas as motivações para a realização deste projeto assim como os objetivos que se pretende alcançar com o mesmo e resumem-se as suas contribuições;
- Capítulo 2 – são descritos vários conceitos teóricos importantes necessários à compreensão desta tese e são expostas várias aplicações relacionadas com este projeto que serviram de inspiração;
- Capítulo 3 – apresenta-se a pesquisa e escolha de ferramentas e os testes e demonstrações realizados;
- Capítulo 4 – é descrito o desenvolvimento da solução: implementação das técnicas de alinhamento de RA com as ferramentas escolhidas, criação das experiências de RA e multimédia e, por fim, a integração das técnicas e experiências na App JBT;
- Capítulo 5 – é descrita a avaliação da solução realizada através de testes e demonstrações com utilizadores e com os peritos, são descritos os problemas encontrados e propostas as melhorias;
- Capítulo 6 – apresentam-se as conclusões do projeto, as competências adquiridas, os desafios encontrados e, por fim, o trabalho futuro a realizar.

Capítulo 2

Trabalho relacionado

Neste capítulo são expostos vários trabalhos relacionados com este projeto que serviram de inspiração e de base ao trabalho realizado.

Ao contrário da realidade virtual, que imerge o utilizador dentro de um ambiente completamente gerado computacionalmente, a RA procura apresentar ao utilizador informação que está diretamente registada no espaço físico envolvente. Com a RA, a informação digital parece fazer parte do mundo real, pelo menos na perceção do utilizador [106]. Segundo os autores de *Knowledge-Based Augmented Reality*, a RA é definida como uma visão direta ou indireta, em tempo real, de um ambiente físico do mundo real que foi aprimorado / aumentado pela adição de informações geradas computacionalmente, ao combinar objetos reais e virtuais [45].

Um aspecto importante a ter em conta é a técnica a usar para fazer o alinhamento entre os objetos reais e os elementos virtuais. Em seguida descrevem-se os vários tipos de técnicas que podem ser usadas para este efeito. Neste capítulo apresentam-se também aplicações desenvolvidas para outros jardins botânicos, para guias de cidades ou museus e para criar experiências de RA.

2.1 Técnicas de alinhamento de RA

Bostanci et al [18] dividem as técnicas que conduzem ao alinhamento entre os objetos virtuais e os objetos do mundo real em 4 categorias: técnicas interiores, técnicas exteriores, fusão de técnicas e técnicas emergentes. Como algumas técnicas podem pertencer a mais do que uma categoria, descrevem-se em seguida, separadamente, cada uma delas.

2.1.1 Reconhecimento e rastreamento de marcas e imagens

O reconhecimento e rastreamento de marcas e imagens baseia-se no uso de algoritmos de Visão Computacional e é adequado para ambientes controlados, sem grandes variações de luminosidade, nem projeção de sombras, e é uma alternativa para locais onde o sinal de GPS está bloqueado ou enfraquecido [18].

Estes elementos são marcas distinguíveis posicionadas no ambiente de forma a que fossem ser identificadas no meio de outros objetos. As marcas podem ser ativas: aquelas que emitem algum tipo de sinal luminoso, magnético, ultrassónico ou de rádio; ou passivas: aquelas que tendem a ser padrões isolados e diferenciáveis do ambiente, como por exemplo, um código QR [18].

Outros elementos que poderão ser usados são as características naturais de um ambiente, como a imagem de um certo local (edifício, jardim, estátua) que poderá ser reconhecido usando a câmara do dispositivo de reconhecimento [18].

Em ambos os casos, são usados métodos de reconhecimento computacional por sensores de todo o tipo (câmara, magnético, ultrassônico, rádio) para reconhecer as marcas ou imagens. Para o seu reconhecimento poderão ser usados dois tipos de métodos: *outside-in*, onde o sensor é colocado numa posição fixa no ambiente e o utilizador é o portador da marca que poderá estar posicionando num “chapéu” usado pelo mesmo; *inside-out*, onde a marca estará posicionada numa posição conhecida no ambiente e o sensor estará na posse do utilizador [18].

2.1.2 SLAM

Encontrar a localização e a posição de um utilizador é sempre um grande desafio no desenvolvimento de aplicações baseadas em RA [18].

De forma a ultrapassar esta dificuldade foram desenvolvidos Algoritmos de Localização e Mapeamento Simultâneos (SLAM) com o objetivo de localizar um utilizador baseado no mapa criado ao observar o ambiente circundante [18].

Com esta técnica há a possibilidade de mapear o ambiente que rodeia o utilizador e posicionar em qualquer parte do mapa criado objetos virtuais que poderão ser visualizados pelo mesmo, no local onde foram posicionados, no espaço à sua volta, tendo em conta a localização do utilizador.

2.1.3 Localização

O GPS é usado como um sensor de localização, poderá ser usado o de um dispositivo móvel normal, o chamado *Standard*, ou o *Diferencial*, que poderá melhorar a precisão do anterior de 11 metros para uma precisão de apenas 2 metros, sendo que nas melhores implementações poderá ter uma precisão de 10 cm [81].

2.1.4 Orientação

A bússola é usada como sensor de orientação, permitindo saber para que ponto cardinal o dispositivo é direcionado pelo utilizador.

2.1.5 Sensores de inércia

No que toca aos sensores baseados na inércia, poderão ser usados: o giroscópio para detetar os movimentos de rotação do utilizador; e o acelerómetro para detetar os movimentos de translação [18].

2.1.6 Emissores de rádio

A técnica de alinhamento por rádio, também conhecida como *Beacons*, requer a colocação de emissores que emitem ondas de rádio de banda ultra larga. Estes aparelhos são posicionados em locais específicos, no ambiente, para permitir calcular o posicionamento do utilizador de forma precisa [46].

2.1.7 Fusão de técnicas

Usando as técnicas mencionadas previamente, o desempenho e precisão do alinhamento poderão ser reduzidos. Usando algumas destas técnicas em simultâneo poder-se-ão obter sistemas muito mais precisos [18].

Esta fusão de técnicas poderá ser criada de duas formas: livremente, onde os sensores atuam separadamente, realizando cálculos independentemente um do outro; ou hermeticamente, onde a fusão dos sensores é usada, realizando cálculos em conjunto para estimar uma única e melhorada posição e localização do utilizador [18].

2.1.8 Alinhamento assistido por imagem

No alinhamento assistido por imagem é mostrado um elemento virtual no ecrã do dispositivo que normalmente deverá ser alinhado com o objeto real correspondente. Quando o utilizador considerar que o alinhamento está correto, com um toque no ecrã ativa os sensores de inércia que passam a controlar o alinhamento. Esta técnica não requer a colocação de marcas ou o reconhecimento de elementos naturais e não fica limitada por erros nos sensores de localização ou orientação, colocando a responsabilidade do alinhamento inicial no utilizador. Tem sido usada em experiências de RA no exterior [40].

2.2 Aplicações para jardins botânicos

Nesta secção são descritas várias aplicações criadas para auxiliar o visitante de jardins botânicos. Sendo este projeto direcionado para o JBT, era imperativo pesquisar trabalhos realizados para jardins como o JBT.

2.2.1 Com RA

Nesta subsecção são expostas aplicações direcionadas para jardins botânicos que possuem experiências de RA para que os visitantes as possam visualizar e desfrutar e/ou aprender com elas. Esta pesquisa tem o objetivo de procurar que tipo de alinhamentos de RA são mais utilizados recentemente, assim como os conteúdos que são usados para criar as experiências de RA.

Augmented Reality Mobile Tourism Application (ARMTA)

A aplicação móvel ARMTA, para *Android*, feita para o Jardim Botânico da Universidade de Coimbra, permite a visualização de conteúdo multimédia em várias plantas presentes no Jardim. O uso da RA torna-se uma alternativa à visualização da informação em duas dimensões, melhorando a visita do utilizador [94].

O utilizador tem acesso ao mapa do Jardim e à sua posição dentro do Jardim com recurso ao GPS. Além disso, pode visualizar no mapa as plantas que o cercam. O mapa também é usado para permitir ao utilizador seguir uma determinada rota dentro do Jardim ou pesquisar para a localização de uma planta específica. Usando a componente das rotas, o utilizador pode escolher a rota a seguir visualizando apenas plantas da rota no mapa 2D ou com a componente de RA, como se pode observar na figura 2.1. Existem rotas pré-definidas, mas o utilizador também pode criar as suas próprias rotas com as plantas que deseja visitar [94].



Figura 2.1: Rota seguida pelo utilizador em RA da aplicação ARMTA [94]

Está disponível uma lista de plantas. Para cada planta, o visitante pode ver detalhes e conteúdo multimédia, como texto ou imagens (Figura 2.2 (esquerda)). É também possível ver informações sobre as plantas usando a RA (Figura 2.1). Ao ligar a câmara do dispositivo móvel, o utilizador pode ver a localização das várias plantas no Jardim, bem como algumas informações sobre elas. Assim, o utilizador pode ser guiado para uma planta em particular, usando a RA. Quando o utilizador se move, é apresentada a distância a uma planta em tempo real [94].



Figura 2.2: Página de um PoI (esquerda); Página de pesquisa de PoI (direita) da aplicação ARMTA [94]

O utilizador pode partilhar dados sobre a sua visita ao Jardim Botânico no *Facebook*, *Twitter* e *Google+*. Característica importante, devido ao crescente uso das redes sociais e mais um meio de divulgar a aplicação através da comunidade [94].

É possível pesquisar plantas específicas e visualizar informações sobre a referida planta (seja texto ou outro conteúdo média) (Figura 2.2 (direita)), ou definir a localização da planta como um ponto de destino de uma rota a ser usado pelo módulo de navegação [94].

Zaubergarten

Um jardim interior localizado na Suíça, conhecido como “Jardim da Poesia”, ganhou o Prémio *Giardina Gold* na categoria de *show garden*. Após o seu reconhecimento, e uma remodelação, apresenta-se agora aos seus visitantes como “Jardim Mágico”. Isto porque, com a sua nova aplicação o visitante poderá, com a ajuda do seu *smartphone*, ver um sapo a saltar de um lírio se se aproximar demasiado, uma coruja voar pelo Jardim ou elfos que de repente aparecem ou desaparecem por entre a flora deste *Zaubergarten* [56].

Este jardim *Giardina* ganhou novamente em 2018 o mesmo prémio, desta vez como “Jardim Mágico” [78].

O visitante poderá ver como é o Jardim quando há um novo arbusto solitário num canto ou ver flores a crescer em plantas quando está em pleno inverno (Figura 2.3 (esquerda)). Ainda, descansar e relaxar num *deck* com *puffs*, enquanto desfruta da experiência de RA, podendo dar vida a árvores assustadiças (Figura 2.3 (direita)) ou até ser surpreendido por fadas [56].



Figura 2.3: Aplicação do *Zaubergarten* [56]

Rancho Santa Ana Botanic Garden (Rancho Santa Ana)

O Rancho Santa Ana Botanic Garden tem uma aplicação móvel para apoio aos visitantes [54, 53] que começa por mostrar um aviso de permissão de uso do *bluetooth* para o uso de *beacons* por parte da aplicação para poder localizar de forma precisa o utilizador. Após isso, pode-se começar desde logo por visualizar uma experiência de RA ao clicar no botão das “borboletas” (Figura 2.4a). Nesta experiência as borboletas esvoaçam para longe, assim como rapidamente voam para perto do utilizador. Durante esses voos, uma voz dá-nos informação sobre as borboletas.

Ainda no ecrã inicial da aplicação, pode-se ter acesso aos percursos e espécies favoritos e ainda a mais experiências de RA ao clicar no botão para esse efeito. Aí é-se redirecionado para uma página de instrução de como proceder para começar a visualizar a experiência, tendo o utilizador de apenas apontar para o poster devido (Figura 2.4b).

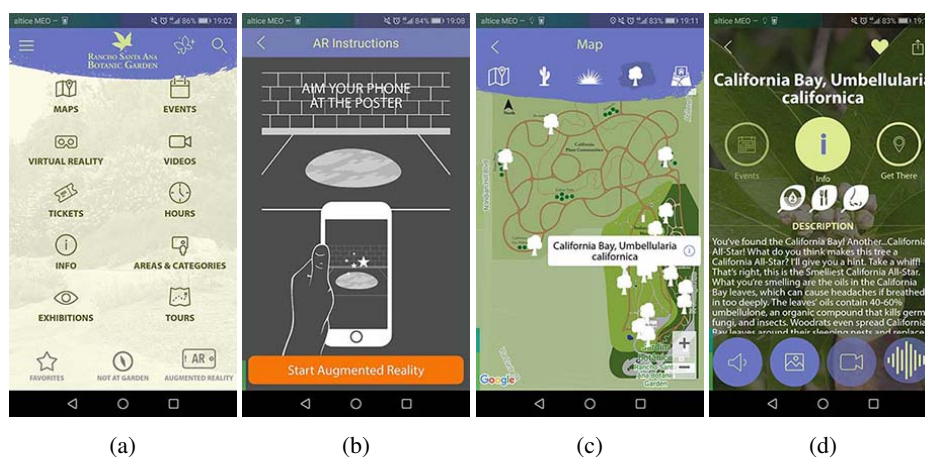


Figura 2.4: Aplicação do Rancho Santa Ana Botanic Garden [53]

No mapa, um mapa da *Google* com um mapa sobreposto do Jardim, pode-se explorar livremente todos

os PoI. Nele é possível filtrar os PoI por 5 tópicos diferentes. Ao escolher um, o utilizador pode clicar num PoI a visitar surge um *pop-up* com o nome correspondente (Figura 2.4c). Após isso, poderá ser clicado e redirecionado para a página relativa ao PoI com a respetiva imagem como fundo, nome e descrição do ponto. Aí, é ainda possível ver eventos possíveis nesse PoI ao clicar no botão “calendário”, ver a sua localização no mapa ao clicar no botão “Get there”. Para além disso poderão ser ouvidos sons e áudio guias, assim como visualizar vídeos e a galeria com imagens do ponto (Figura 2.4d).

AR SUT *Botanical Garden* (AR SUT)

A aplicação AR SUT foi desenvolvida pelo CEITID para a Universidade de Tecnologia Suranaree, na Tailândia [112], e para a abertura do seu Jardim Botânico, *SUT Botanical Garden* [113].

Ao abrir a aplicação, são pedidas permissões de utilização do armazenamento do dispositivo e da sua câmara. De seguida, a câmara é iniciada. Porém, não oferece qualquer tipo de interface ao utilizador, nem qualquer tipo de ajuda ou instrução de uso da aplicação.

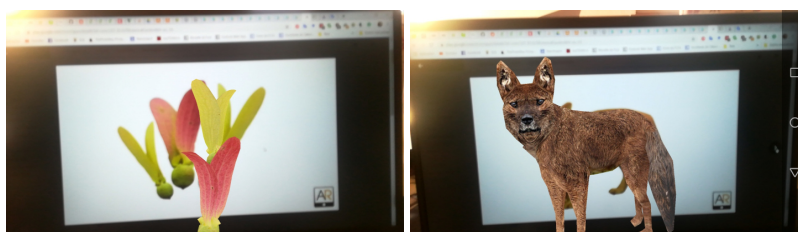


Figura 2.5: Reconhecimento de imagem da aplicação do *SUT Botanical Garden* [22] e seus modelos 3D animados

Ao navegar na página da aplicação do *Google Play* [22], existe um número de imagens, que foram usadas na abertura do Jardim, como marcas, que, ao apontar o dispositivo, reconhece as imagens e gera em cima delas o respetivo ser vivo em 3D e suas animações, seja ele mamífero, planta, réptil, inseto. Sendo esta a sua única funcionalidade (Figura 2.5).

BotanyAR

A aplicação *BotanyAR* foi desenvolvida pelo *Waiprib Studio* para o Jardim Botânico *Queen Sirikit*, na Tailândia [12].

Ao abrir a aplicação, são pedidas permissões de utilização do armazenamento do dispositivo e da sua câmara. Depois de aceites, é apresentado um logótipo, indicando que esta aplicação foi desenvolvida com o motor de jogo *Unity*. De seguida, o conteúdo da aplicação é transferido para o dispositivo e são apresentadas as instruções das experiências de RA: imprimir as marcas, preparar e apontar a câmara do dispositivo e por fim visualizar o modelo 3D a aparecer por cima das marcas (Figura 2.6).

Finalmente, é aberta a câmara do dispositivo com dois botões no canto superior direito. Um com um ponto de interrogação para visualizar novamente as instruções, outro com um ‘i’ para mais informações sobre a aplicação.

Para ter acesso às marcas, visto que as instruções estão em Tailandês, foi feita uma pesquisa ao navegar na página da aplicação do *Google Play* [110]. Ao clicar no site dos criadores da aplicação foi possível



Figura 2.6: Aplicação do Jardim Botânico *Queen Sirikit* [110]

encontrar as marcas [111], que, ao apontar o dispositivo, reconhece as imagens e gera em cima delas o respetivo modelo em 3D, seja ele uma planta, edifício ou monumento, as suas animações e áudio com informações sobre o PoI. Informações áudio que podem ser desativadas com um clique. (Figura 2.7)

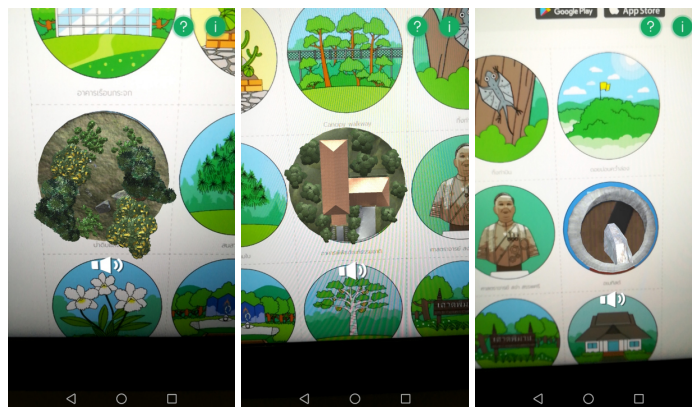


Figura 2.7: Reconhecimento de imagem da aplicação do *SUT Botanical Garden* [110] e seus modelos 3D animados com informações áudio

A Giant Adventure at The Alnwick Garden (Alnwick Garden)

A aplicação *Alnwick Garden* foi desenvolvida pelo *Peel Interactive* para o *Alnwick Garden*, em Northumberland, Nordeste da Inglaterra [55].

Ao abrir a aplicação, são pedidas permissões de utilização do armazenamento do dispositivo, da sua localização e câmara. Então, aparece uma mensagem a informar o utilizador de que necessita de visitar o Jardim para usar todas as funcionalidades da aplicação (Figura 2.8 (esquerda)). Após clicar no botão “*I’m here*”, apesar de não estar, surge outra mensagem a informar que algo de errado ocorreu, mostrando a distância a que nos encontramos do Jardim e sugerindo que poderá ter a ver com os serviços de localização GPS do telemóvel, podendo o utilizador tentar novamente ou ignorar a mensagem de informação (Figura 2.8 (direita)).

De seguida são apresentadas instruções para a utilização da aplicação, onde o utilizador poderá explorar o Jardim e encontrar os PoI indicados, clicar no ícone do local onde se encontra. Por fim, pede para seguir

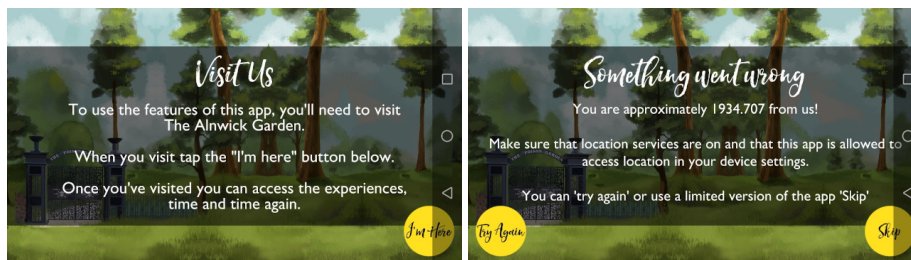


Figura 2.8: Mensagens iniciais da aplicação do *Alnwick Garden* [73]

as instruções no ecrã em cada local e desfrutar das vistas e sons.



Figura 2.9: Ecrã inicial da aplicação do *Alnwick Garden* [73]

Após lidas as instruções, a câmara do dispositivo é aberta e o ecrã inicial tem diversos botões que o utilizador pode clicar (Figura 2.9):

- uma câmara, onde o utilizador pode tirar uma fotografia;
- um mapa artístico do Jardim, onde o utilizador o pode explorar, interagir, fazendo *zoom*, clicar num botão “Key” que lhe dá acesso à legenda do mapa com os nomes de cada PoI, e clicar em cada um deles, sendo que estão representados pelo número, caso tenha experiência RA aparece ao lado de cada um deles uma imagem (Figura 2.10);
- um ponto de interrogação para ver novamente as instruções;
- desbloquear a aplicação, caso já esteja dentro do Jardim ou com o GPS ligado;
- um conjunto de locais que poderão corresponder à localização do utilizador no mapa (neste caso estão todos bloqueado, menos um, que, pode ser clicado para experimentar a aplicação sem lá estar).

Ao clicar na única localização possível, a câmara do dispositivo é aberta novamente e, desta vez, com instruções para alinhar a imagem com o objeto real. Assim que estiver alinhado é necessário clicar no botão “Ready” de modo a que a experiência de RA comece (Figura 2.11a).

Ao começar, um modelo 3D de um gigante é gerado à frente do utilizador (Figura 2.11b), sendo que poderá tirar uma fotografia (Figura 2.11c), partilhá-la nas redes sociais (Figura 2.11d), ou reiniciar a experiência de RA, clicando nos respetivos botões.



Figura 2.10: Mapa da aplicação do *Alnwick Garden* [73]



Figura 2.11: Experiência de RA da aplicação do *Alnwick Garden* [73]

Plants with Bite - Royal Botanic Garden Sydney (Plants with Bite)

A aplicação *Plants with Bite* [114] foi desenvolvida pelo *Royal Botanic Garden Sydney* como aplicação complementar da aplicação feita para o *The Royal Botanic Garden Sydney* [116], anteriormente descrita na secção 2.2.2.

Ao abrir a aplicação, são pedidas permissões de utilização do armazenamento do dispositivo, e da sua câmara. Ao clicar em “*Get started*” no ecrã inicial, aparece uma mensagem a informar que a aplicação é um complemento da aplicação *Royal Botanic Garden Sydney* [115] e explica que o utilizador terá de procurar cartazes, ou seja, marcas, de modo a colecionar cinco distintivos e reclamar o seu prémio (Figura 2.12a).

O ecrã principal apresenta uma animação de reconhecimento, importante para o utilizador perceber que já é possível reconhecer as marcas. Apresenta também dois botões nos cantos superiores direito e esquerdo com um ponto de interrogação para visualizar novamente a informação inicial sobre a aplicação e seu funcionamento e um com a imagem da aplicação principal do Jardim, de forma a que o utilizador seja rapidamente redirecionado para a aplicação (Figura 2.12b).

Para ter acesso às marcas, sem ser necessário ir ao Jardim, foi feita uma pesquisa ao navegar na página da aplicação do *Google Play* [114]. Ao clicar nas imagens da aplicação foi possível encontrar duas marcas, que, ao apontar o dispositivo, reconhece as imagens e gera em cima delas o respetivo modelo em 3D (Figura 2.12c), ao mesmo tempo que a imagem da marca é coberta com uma cor de fundo. Depois de reconhecidas

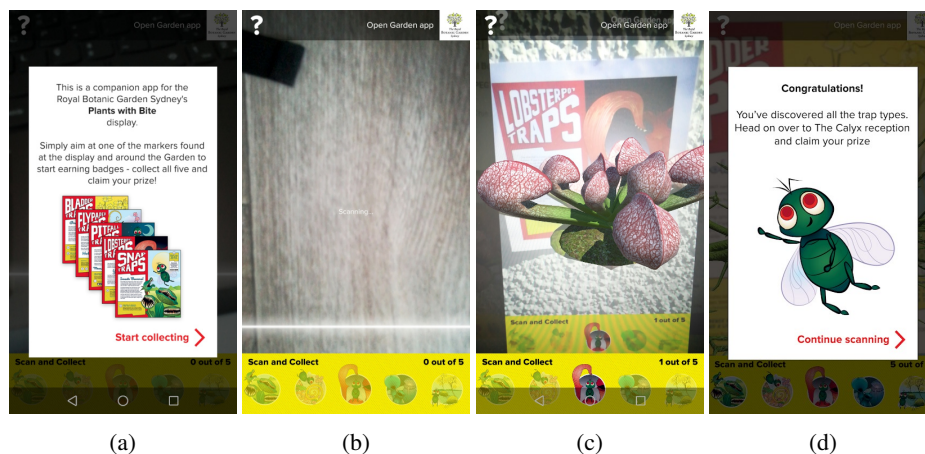


Figura 2.12: Experiência RA da aplicação *Plants with Bite* - *Royal Botanic Garden Sydney* [114]

as cinco marcas, o utilizador é informado através de uma mensagem que pode reclamar o seu prémio (Figura 2.12d).

EduPARK

A aplicação EduPARK [42] foi desenvolvida pela Universidade de Aveiro para o Parque Infante D. Pedro [31].



Figura 2.13: Aplicação *EduPARK* [42]

Ao abrir a aplicação, são pedidas permissões de utilização do armazenamento do dispositivo e da sua câmara. Depois de aceites, é apresentado um logótipo, indicando que esta aplicação foi desenvolvida com o motor de jogo *Unity*. De seguida, o conteúdo da aplicação é transferido para o dispositivo e é pedido para criar um perfil de jogo, onde o utilizador apenas tem de inserir um nome que queira para o seu perfil e a sua língua. Após criado o perfil, já no menu inicial (Figura 2.13a), o utilizador pode escolher criar um novo jogo, de modo a começar a explorar o Jardim. Aí, poderá encontrar:

- experiências de RA: com mensagem de instruções no início (Figura 2.14 (esquerda)), onde terá de procurar uma dada marca e apontar a câmara do dispositivo de maneira a aparecer o conteúdo correspondente (Figuras 2.14 (centro) e 2.14 (direita)). Já no ecrã da experiência de RA, terá um indicador

de que deve apontar o dispositivo para a marca, assim como, a imagem da marca no canto superior esquerdo. Terá ainda a possibilidade de fixar o conteúdo no ecrã, sem que saia do seu campo de visão ao movimentar o dispositivo e sair da experiência através do botão “X”. Os conteúdos de RA poderão ser:

- imagens;
- modelos 3D interativos;
- interfaces informativas interativas.

É ainda possível identificar, através da marca de água, no ecrã das experiências, que foram criadas através do motor de RA *Vuforia* [135];

- quizzes interativos com desafios e questões interdisciplinares elaborados tendo por base as orientações curriculares dos vários níveis de ensino, desde o Ensino Básico ao Ensino Superior e ainda questões de cultura geral e curiosidades [41] (Figura 2.15 (esquerda));
- geocaching virtual onde poderá procurar tesouros e acumular pontos.

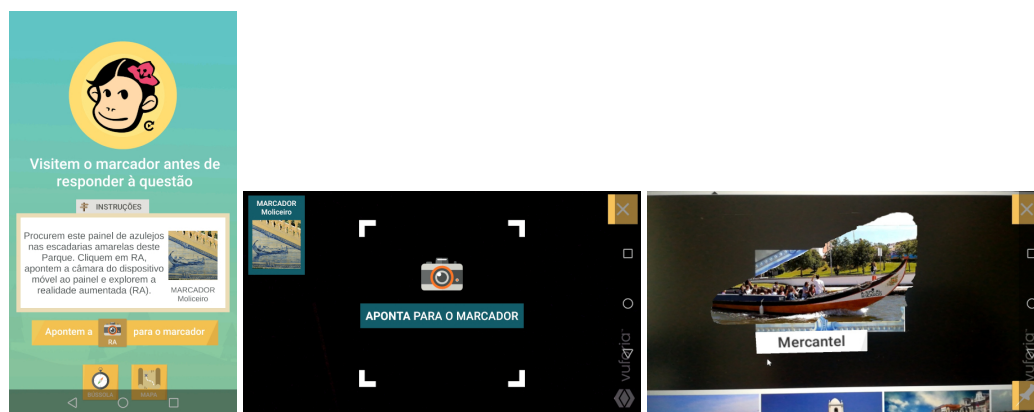


Figura 2.14: Experiências de RA da aplicação *EduPARK* [42] e suas instruções

O utilizador tem, durante este jogo, disponível um mapa do Jardim para se guiar e visualizar o nome, com um clique, e a localização dos pontos de interesses (Figuras 2.13b e 2.13c). Para se orientar ainda melhor, pode também usar uma bússola (Figura 2.13d).

O utilizador tem, ainda, acesso a um modo livre, onde poderá explorar à vontade o Jardim, e reconhecer qualquer uma das marcas que encontrar. Para ter acesso às marcas, sem ser necessário ir ao Jardim, foi feita uma pesquisa ao navegar na página da aplicação [41]. Podendo assim interagir e ver informações relevantes sobre cada espécie de árvore ou até curiosidades, como a produção do azulejo (Figuras 2.15 (direita)).

Quinta da Regaleira

A Quinta da Regaleira, em Sintra [27, 28], disponibiliza uma aplicação que se centra em vídeo narrativo que ajuda as pessoas a visitar o espaço e obter informações, conhecer histórias relevantes sobre o passado e o presente deste património cultural [3].



Figura 2.15: Quiz e modo livre da aplicação EduPARK [42]

Ao iniciar, a aplicação mostra uma série de instruções de como proceder para visualizar as experiências de RA assim como uma permissão para o uso de *bluetooth* para a aplicação poder detetar o utilizador com precisão através de *beacons*.

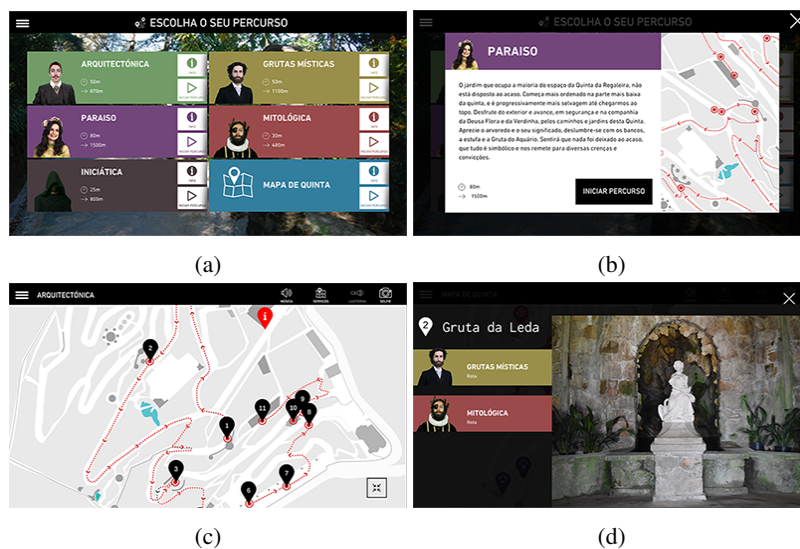


Figura 2.16: Interface da aplicação da Quinta da Regaleira [28]

De seguida, o menu inicial apresenta todos os percursos disponíveis para um visitante realizar (Figura 2.16a). Aí, pode-se escolher ver informação acerca dos percursos (Figura 2.16b) ou iniciar o percurso desde logo.

Ao iniciar o percurso, tem-se acesso ao mapa da quinta, mapa feito a partir de uma imagem da quinta (Figura 2.16c). No mapa pode-se filtrar por tipo de PoI, clicando nos “Serviços”. O utilizador poderá, também, ligar a lanterna no caso de entrar em uma das grutas da quinta. Pode, ainda, tirar *selfies* com as várias personagens da aplicação, posicionando-as e modificando o seu tamanho, no ecrã, por arrasto.

No mapa, pode-se navegar livremente e clicar nos vários PoI e ter acesso à página do mesmo (Figura 2.16d). Nessa página, poder-se-á dar início à experiência de RA. Onde é suposto alinhar a imagem com a paisagem e clicar no “play” (Figura 2.17). Após o clique, o vídeo começa e poderá alterar o seu fluxo, parando, recomeçando ou avançar e recuar para o momento que pretender do vídeo, através dos botões e

barra de tempo do vídeo no topo do ecrã.

As várias experiências desta aplicação foram desenvolvidas utilizando o *Unity* com a ferramenta de desenvolvimento de RA *Vuforia* para *Android* e *iOS* [3].

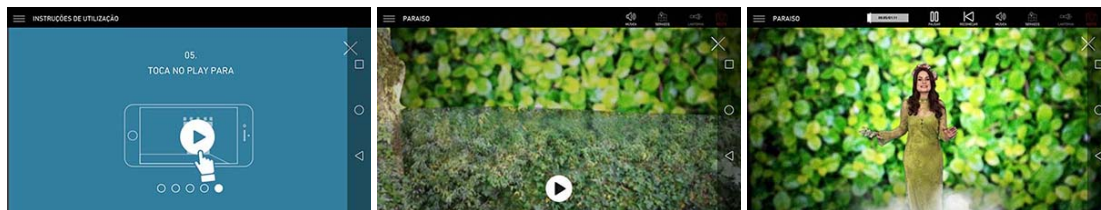


Figura 2.17: Experiência de RA[28]

Aplicação interativa para parques naturais usando jogos sérios baseados em localização com RA (Gaia App)

Uma aplicação móvel foi criada para o Parque Biológico de Gaia, com uma extensa área povoada com inúmeras espécies de animais e plantas que vivem em um estado selvagem. Esta aplicação conta com serviços baseados em localização e experiências de RA, com o objetivo de disseminar conhecimento científico sobre a fauna e a flora do Parque Natural [104].

Na implementação desta aplicação foram introduzidos elementos de jogo numa tentativa de melhorar o envolvimento e empenho nas várias atividades da aplicação e seus conteúdos [104].

Ao iniciar a aplicação, a primeira coisa que o utilizador vê é o mapa estilizado interativo e os ícones dos PoI, que fornecem acesso a informações sobre as atividades e o Parque em geral (Figura 2.18a) [104]. Essas atividades estão disponíveis em locais específicos dentro do Parque e só podem ser acionados e iniciados quando o utilizador está nesses locais específicos [104]. Em cada atividade, o utilizador pode desbloquear e colecionar representações virtuais das espécies do Parque (Figura 2.18b) e informações sobre eles (Figura 2.18c) [104].

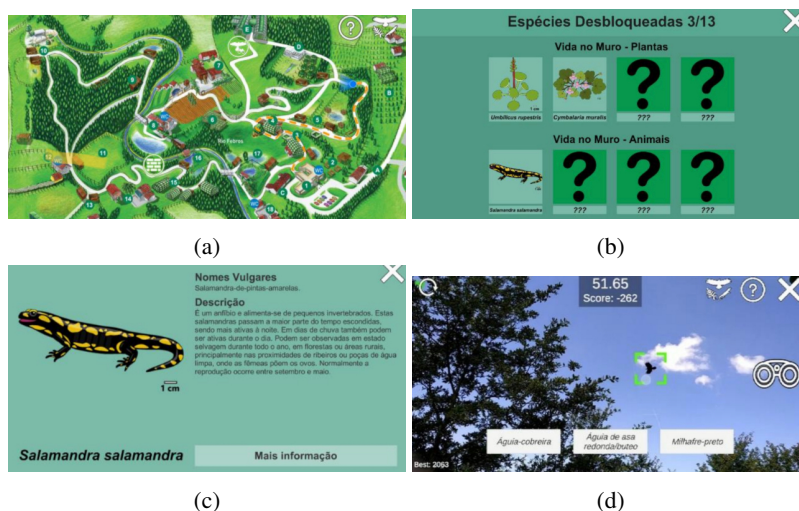


Figura 2.18: Aplicação do Parque Biológico de Gaia [104]

Uma das atividades é de RA e é chamada de *Birds of Prey AR* (Figura 2.18d). Esta atividade foi criada

com a ferramenta de criação de experiências de RA *Wikitude* e auxílio do motor de jogo *Unity* para que fosse suportado por um maior número de dispositivos [104]. O objetivo deste minijogo é envolver o utilizador na deteção de aves de rapina “aumentada” voando acima dele e adivinhar corretamente o nome da espécie com base na silhueta das aves [104]. Esta informação pode ser acedida nos colecionáveis, após serem desbloqueados [104]. Dentro desta experiência poderá sair dela clicando no botão “X”, reiniciá-la clicando num botão de seta circular, aceder a instruções sobre a experiência e ainda aceder a uma visão binocular [104] (Figura 2.18d). Para além disso, tem uma caixa de texto informativa da pontuação atual do jogador [104] (Figura 2.18d).

Os resultados de testes realizados com utilizadores permitiram concluir que este tipo de aplicações podem melhorar a experiência dos visitantes e, ao mesmo tempo, melhorar a disseminação de conhecimento científico [104].

2.2.2 Sem RA

Nesta subsecção são expostas aplicações direcionadas para jardins botânicos que não possuem experiências de RA com o objetivo de procurar que tipo de filtros são mais usados recentemente em aplicações móveis, assim como o tipo de mapas usado e de conteúdos mostrados relacionados aos PoI.

Jardim Botânico do Rio de Janeiro (Rio de Janeiro)

A aplicação desenvolvida para o Jardim Botânico do Rio de Janeiro (Figura 2.19a) [38, 39] usa um mapa da *Google* onde é possível navegar livremente pelos diversos PoI e filtrá-los através de um filtro deslizante com vários tópicos de filtragem (Figura 2.19b). Também há a possibilidade de navegar pelos PoI e filtrá-los através de uma lista como se pode verificar na figura 2.19c.

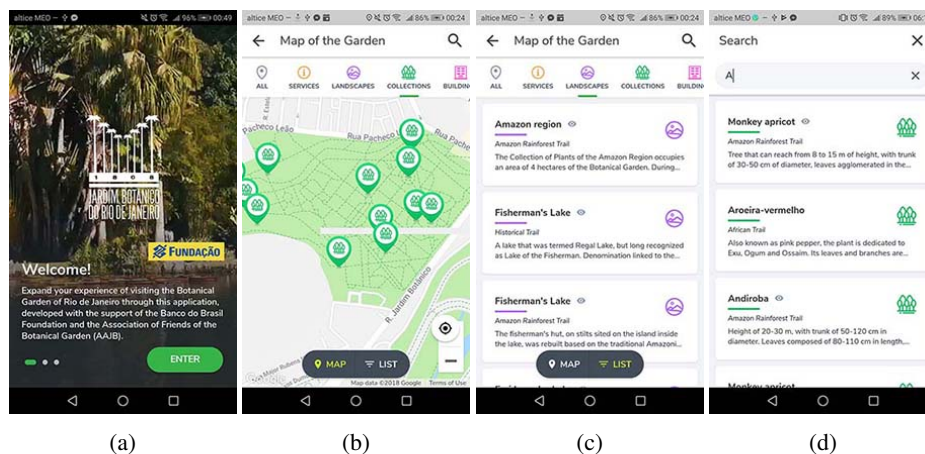


Figura 2.19: Aplicação do Jardim Botânico do Rio de Janeiro [39]

O utilizador também pode pesquisar pelo PoI que deseja com recurso ao teclado. Ao começar a escrever é possível verificar que este tipo de filtro começa logo a funcionar, filtrando pela letra “A” (Figura 2.19d)

Ao clicar num PoI o utilizador é redirecionado para a página desse ponto, que contém a imagem referente ao local e, nalguns pontos, a opção de ver o local em 360° com recurso ao giroscópio do *smartphone*

(Figura 2.20c). Poderá ver também uma descrição do PoI assim como informação relacionada com o mesmo (Figuras 2.20a e 2.20b).

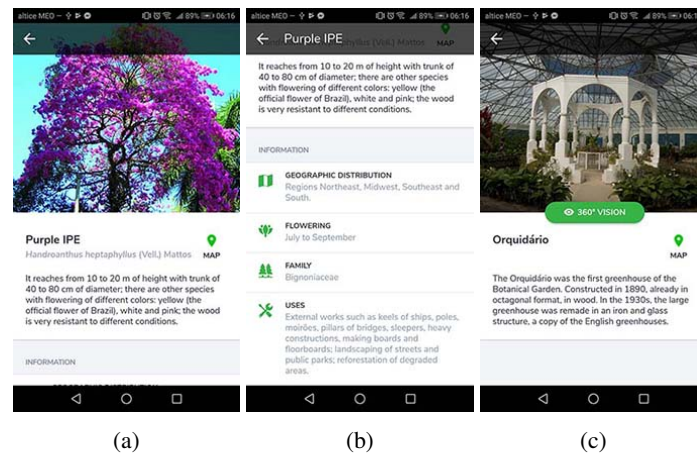


Figura 2.20: Página do PoI da aplicação do Jardim Botânico do Rio de Janeiro [39]

Jardim Botânico da Madeira (Madeira)

A aplicação desenvolvida para o Jardim Botânico da Madeira – Eng.º Rui Vieira usa o mapa da *Google*, com um mapa de cores sobreposto, onde é possível navegar livremente pelos diversos PoI (Figura 2.21a) [30, 127].

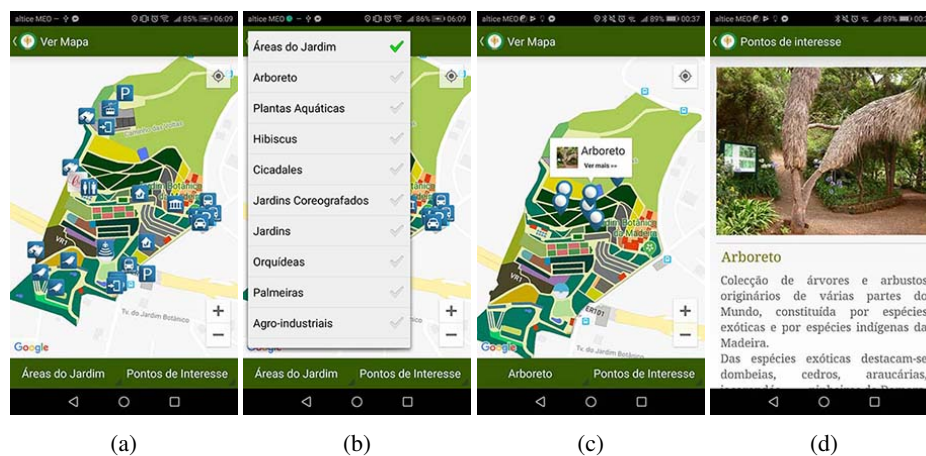


Figura 2.21: Aplicação do Jardim Botânico da Madeira [127]

Também no mapa, existem dois tipos de filtros *drop-up menu*, à esquerda, o de botânica, que filtra as áreas das várias coleções do Jardim (Figura 2.21b) e o filtro de locais do Jardim que filtra os restantes PoI. Nos dois tipos é possível escolher o tipo de PoI pretendido e ao clicar no PoI a visitar surge um *pop-up* com o nome e uma pequena fotografia do local ou coleção (Figuras 2.21c). Após isso, se o *pop-up* tiver a opção “ver mais”, poderá ser clicado e redirecionado para a página relativa ao PoI com a respetiva imagem, nome e descrição do local ou coleção (Figuras 2.21d).

Também há a possibilidade de filtrar espécies por região de origem como se pode verificar nas figuras 2.22a e 2.22b. Ao clicar na planta o utilizador é redirecionado para a página da planta com a imagem

correspondente e as características da mesma, assim como um botão para indicar a sua localização no mapa (Figura 2.22c).

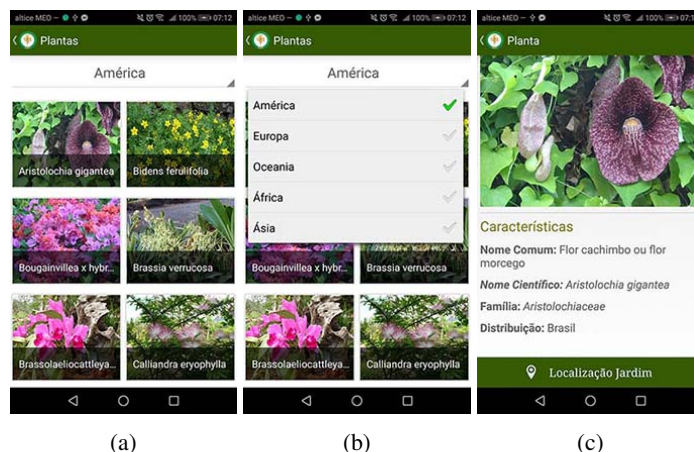


Figura 2.22: Filtro por “região de origem” das espécies Jardim Botânico da Madeira [127]

Orto Botanico di Padova (Padova)

O mapa da aplicação desenvolvida para o *Orto Botanico di Padova* foi feito a partir de uma imagem já com as informações necessárias relativas a cada talhão, é possível navegar apenas deslizando o dedo horizontalmente e pelos diversos PoI [37, 35].

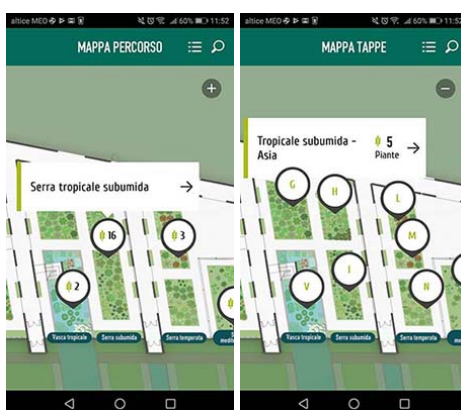


Figura 2.23: Mapa do *Orto Botanico di Padova* [35]

Ainda no mapa, é possível expandir o número de PoI através de um botão que alterna entre “+” e “-”. Sendo que se o “+” for clicado os PoI expandem para pontos divididos por letras do alfabeto, ou seja, divididos por talhões (Figuras 2.23 (direita)), se for o “-” são mostrados PoI com o número de plantas localizadas nesse ponto, estão divididos por secções (Figuras 2.23 (esquerda)). Ao clicar no PoI a visitar surge um *pop-up* com o nome do local e também pode aparecer o número de plantas se o mapa estiver dividido por talhões (Figuras 2.23 (direita)). O ponto poderá ser clicado e, caso esteja na vista por secções será redirecionado para uma página com os diferentes talhões que contém, com a opção de deslizar para os lados e ver as outras secções existentes. Caso esteja na vista por talhões será redirecionado para uma página com as diferentes espécies nele contidas, com a opção de deslizar para os lados para ver os diferentes talhões

mais próximos (Figuras 2.24a e 2.24b). Assim que o PoI da espécie é clicado o utilizador é redirecionado para a página relativa ao PoI com a respetiva imagem, nome e descrição da espécie. Para além disso, ainda dá a possibilidade de adicionarmos a espécie aos favoritos (Figura 2.24c) e ver as plantas relacionadas clicando no botão do talhão onde está contida a planta (Figura 2.24d).

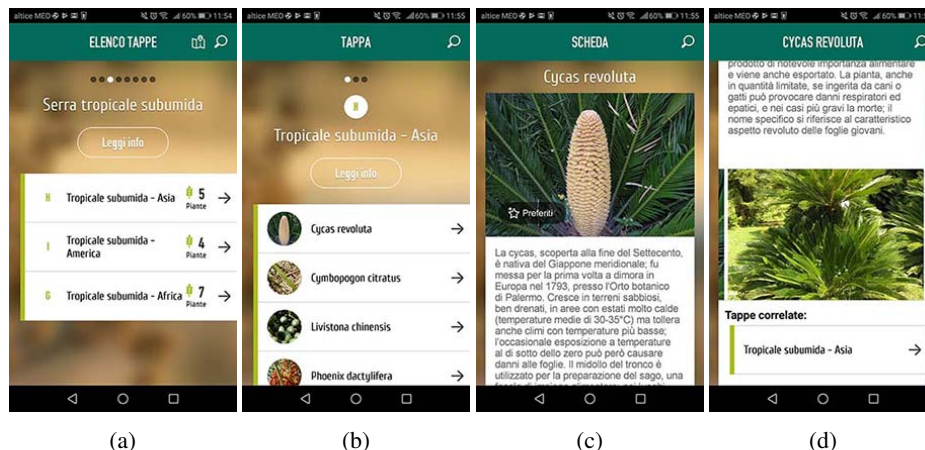


Figura 2.24: Páginas de navegação por secções e talhões e página do PoI do *Orto Botanico di Padova* [35]

Em qualquer menu da aplicação está disponível o botão de “pesquisa”, que ao ser clicado redireciona o utilizador para uma página onde poderá pesquisar uma espécie com recurso ao teclado, ou pesquisar num mapa mundo por região geográfica (Figura 2.25 (esquerda)). Ao clicar no mapa mundo poderá navegar por uma mapa criado a partir de uma imagem com os pontos de origem das várias espécies, sendo que cada ponto tem escrito o número de espécies daí provenientes. Ao clicar num ponto surge um *pop-up* clicável com o nome da região. Ao clicar o utilizador é levado para uma página de todas a plantas contidas nessa região (Figura 2.25 (centro)). Ao clicar numa espécie é redirecionado para a página dessa espécie (Figura 2.25 (direita)).

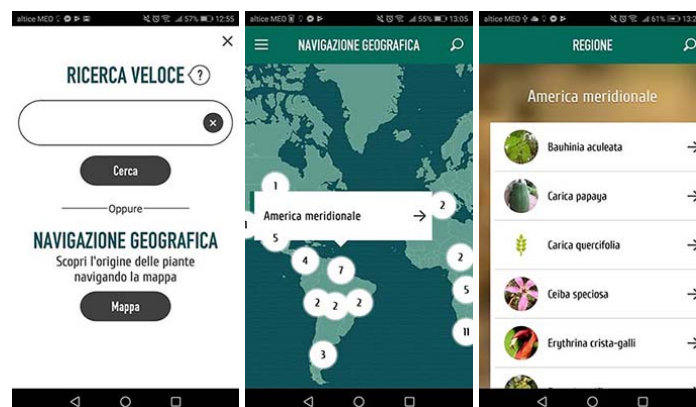


Figura 2.25: Pesquisa, mapa mundo e página das espécies de uma dada região do *Orto Botanico di Padova* [35]

The Royal Botanic Garden Sydney (Sydney)

Na aplicação desenvolvida para o *The Royal Botanic Garden de Sydney*, o mapa é feito a partir de uma imagem do Jardim. É possível navegar livremente pelos diversos PoI (Figura 2.26 (esquerda)) [116, 115]. Nele existem três botões: um de “pesquisa” com recurso ao teclado; outro de “orientação” para o utilizador escolher o tipo de orientação que pretende visualizar na sua localização (se o mapa gira em função da direção em que se dirige, ou apenas existe uma seta a indicar a sua direção, ou ainda centrar na sua posição) e outro para surgirem recomendações ou PoI mais próximos para visitar. Ao clicar num PoI a visitar surge um *pop-up* com o nome e uma pequena fotografia do local, podendo ainda obter direções até lá (Figura 2.26 (esquerda)).

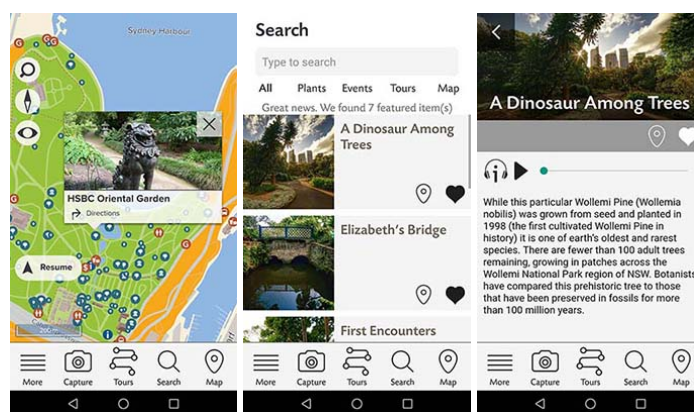


Figura 2.26: Aplicação *The Royal Botanic Garden Sydney* [115]

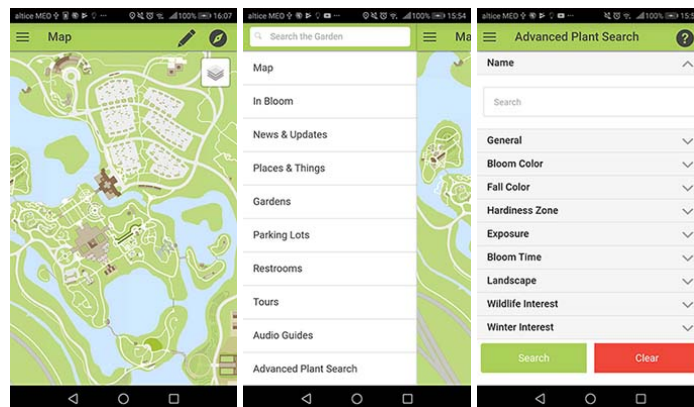
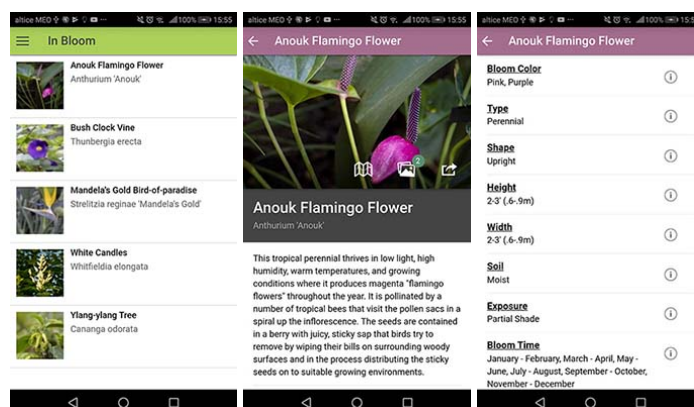
Existe ainda uma página dedicada à pesquisa por recurso ao teclado, onde se podem encontrar PoI, filtrá-los por tópicos, obter a localização de um PoI no mapa e ainda adicioná-lo ao “*Day Planner*” (página com lista de PoI que pretende visitar ao longo do dia) (Figura 2.26 (centro)).

Ao clicar num PoI tem-se acesso à imagem relacionada, pode-se obter a localização do PoI no mapa, adicioná-lo ao “*Day Planner*”, ler a sua descrição ou ouvir o *áudio info* (Figura 2.26 (direita)).

Garden Guide

A aplicação *Garden Guide* foi desenvolvida para apoiar os visitantes do *Chicago Botanic Garden* [52]. A navegação nesta aplicação é maioritariamente feita através do seu menu lateral, sendo que o seu mapa não está funcional, pois não é possível encontrar nenhuma informação útil nem PoI nele (Figura 2.27 (esquerda)). Existe ainda uma página dedicada à pesquisa avançada de plantas por vários tópicos de pesquisa que diferenciam as espécies existentes (Figura 2.27 (direita)).

No menu lateral encontram-se, por tópicos, os PoI que aí podemos encontrar (Figura 2.27 (centro)). Ao clicar num encontra-se uma lista dos PoI desse tópico (Figura 2.28 (esquerda)). Clicando num PoI o utilizador é redirecionado para a página do mesmo, onde tem acesso à imagem associada, a uma galeria de imagens do local, à localização do ponto no mapa e a um botão de partilha. Também se encontra o nome da espécie e uma descrição da mesma, sendo que debaixo desta se encontram as várias características da planta (Figuras 2.28 (centro) e (direita)).

Figura 2.27: Aplicação *Garden Guide* [52]Figura 2.28: Pontos de interesse da aplicação *Garden Guide* [52]

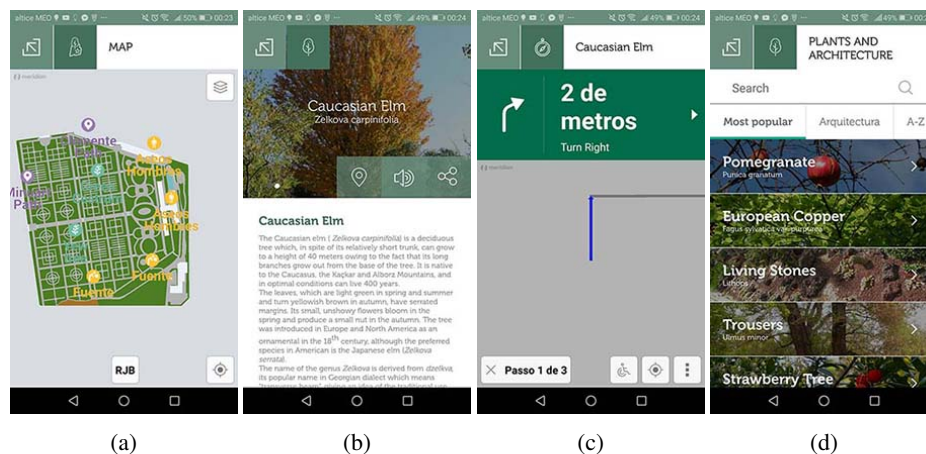
RJB Museo Vivo (RJB)

O mapa da aplicação *RJB Museo Vivo*, desenvolvida para apoiar a visita ao Real Jardim Botânico de Madrid é feito a partir de uma imagem do Jardim. Nele é possível navegar livremente pelos diversos PoI (Figura 2.29a). Ao clicar num PoI é-se redirecionado para a sua página onde temos acesso a um *slider* com as fotos da espécie, o seu nome, um botão para um guia de direções (parecido com uma *app* de navegação) até ao local (Figura 2.29c), outro para ouvir um áudio guia e ainda outro botão para partilhar o PoI. Debaixo de tudo isto, existe uma descrição da espécie a visitar (Figura 2.29b).

Existe ainda uma página dedicada à pesquisa por recurso ao teclado, onde se podem encontrar PoI e filtrá-los por tópicos de “mais popular”, “arquitetura” e “ordem alfabética” (Figura 2.29d).

2.3 Aplicações para guias de cidades ou museus

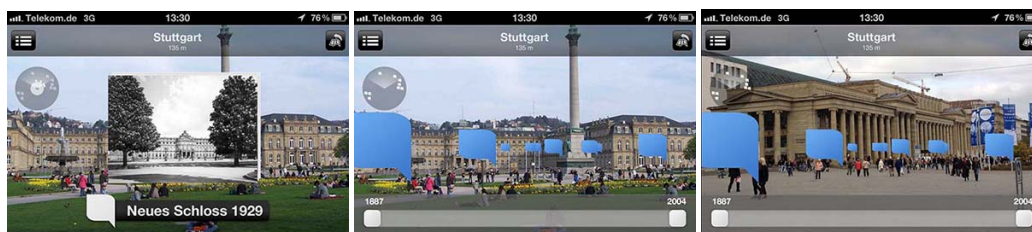
Nesta secção são descritas aplicações criadas para auxiliar o turista em uma cidade ou museu. Apesar de este projeto ser desenvolvido para um jardim, é importante ver o que poderá ser feito em aplicações direcionadas para outro tipo de locais: como um guia de uma cidade ou museu que possuem experiências de RA para que os visitantes as possam visualizar e desfrutar e/ou aprender com elas. Esta pesquisa tem o objetivo de procurar que tipo de alinhamentos de RA são utilizados, assim como os conteúdos que são

Figura 2.29: Aplicação *RJB Museo Vivo* [25]

usados para criar as experiências de RA.

Zeitfenster-App (Zeitfenster)

Zeitfenster-App é um conjunto de aplicações concebidas para os visitantes “viajarem no tempo” em diversas cidades Alemãs. Orientadas para instituições culturais e educacionais, bem como para o crescente turismo das cidades. Com a geolocalização, narrativas históricas e mediação cultural surgiu a ideia de viagem no tempo para o passado, guias interativos com diversos tipos de passeios pela cidade com fotografias históricas, vídeos e guias de áudio [144].

Figura 2.30: Aplicação *Zeitfenster* com imagem e pinos azuis [20]

Uma aplicação, desenvolvida por estudantes da *Hochschule der Medien* (HdM), permite viajar no tempo e ver a história da capital do estado, Estugarda. Permite olhar para lugares, edifícios e a paisagem de uma época passada, quando a Câmara Municipal de Estugarda não tinha sido destruída por uma bomba e mostra como a vida dos *Stuttgarters* parecia no Jardim do Castelo dos anos 70 (Figura 2.30 (esquerda)) [20].

Figura 2.31: Aplicação *Zeitfenster* com imagem do passado [20]

Se o utilizador mover a câmara do *smartphone* pelas ruas da cidade, pequenos pinos azuis aparecem, as chamadas janelas de tempo (Figuras 2.30 (centro) e (direita)), atrás das quais as imagens do passado estão escondidas (Figura 2.31 (esquerda)). Se o utilizador for na direção de uma janela de tempo, a imagem atual transforma-se na paisagem urbana de outros tempos e pode viajar por imagens do período do final do século XIX até fotos de 2004 (Figuras 2.31 (centro), (direita) e 2.32b)[20].

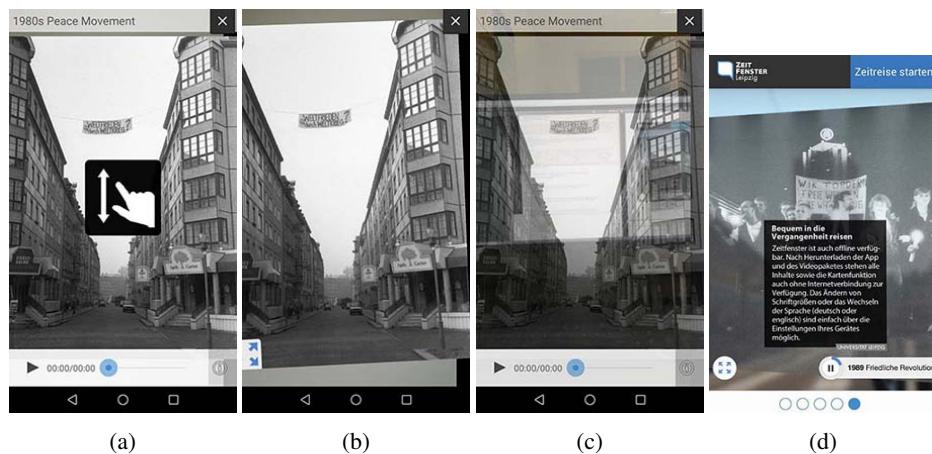


Figura 2.32: Aplicação *Zeitfenster* com experiência de RA [57]

Após a imagem substituir o pino azul, é possível expandir totalmente a imagem clicando nela. Aí, dá ao utilizador a opção de modificar o nível de transparência da imagem, para poder comparar, à sua maneira, as duas épocas (Figuras 2.32a, 2.32b e 2.32c).

Paralelamente às imagens, textos e áudio informativos curtos oferecem conhecimento adicional interessante, como históricos ou informações sobre o fotógrafo (Figura 2.32d) [20].

La cocina valenciana AR (La cocina valenciana)

A aplicação *La cocina valenciana AR* [120] foi desenvolvida pela *Spika Tech* para o *Museo Nacional de Artes Decorativas* [32], recorrendo ao motor de jogo *Unity* [47].

Ao iniciar a aplicação são dadas instruções de utilização, que consistem em reconhecer alguns padrões nos azulejos nas paredes.

Assim que a câmara é aberta, é possível identificar, através da marca de água, que as experiências foram criadas através do motor de RA *Vuforia* [135].

Quando a aplicação reconhece alguma marca, em cima desta, aparecerá um conteúdo 2D ou 3D interativo. O utilizador encontrará:

- curiosidades sobre os vários azulejos do século XVIII (Figuras 2.34a e 2.34b);
- conhecer as pessoas que estão representadas nos azulejos, as atividades que estão a realizar no azulejo (Figuras 2.33c e 2.33d), podendo também interagir com a sua roupa para saber um pouco sobre cada parte do seu traje (Figuras 2.33a e 2.33b);
- tirar fotografias e partilhá-las nas redes sociais (Figura 2.34c).

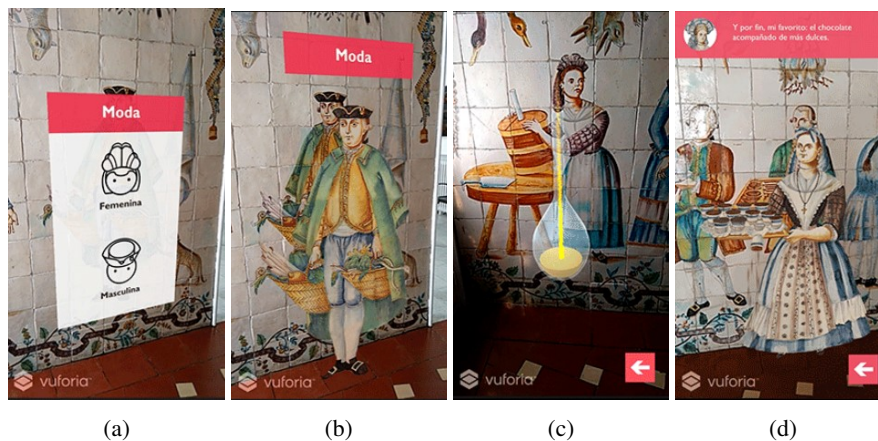


Figura 2.33: Experiências de RA da aplicação *La cocina valenciana AR* [120]

Em cada uma das experiências, poderá surgir um diálogo no topo do ecrã, descrevendo e explicando a experiência de RA. A qualquer momento o utilizador poderá sair da atual experiência clicando no botão em forma de seta no canto inferior direito.

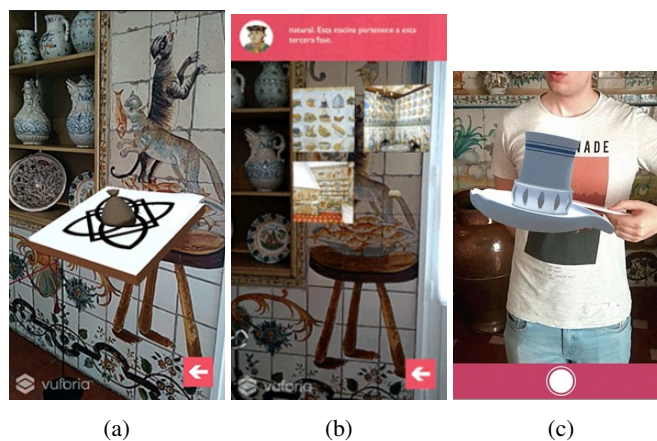


Figura 2.34: Experiências de RA da aplicação *La cocina valenciana AR* [120]

KeyARt

A aplicação *KeyARt* foi desenvolvida pela ARM23 [8] com o objetivo de tornar a arte acessível e divertida para toda a gente que visita um museu. Esta aplicação usa RA e reconhecimento de imagem de forma a oferecer ao visitante conteúdo textual RA, áudio e a possibilidade de saber os detalhes das grandes obras de arte. Neste momento, a aplicação está a ser remodelada totalmente, encontrando-se fora do mercado [9].

O utilizador tem acesso a uma lista dos museus em que a aplicação está disponível (Figura 2.35a). Pode também explorar as várias obras de arte no próprio *smartphone* (Figura 2.35b) e ao aproximar-se de uma obra do museu fazer o seu reconhecimento com a câmara do dispositivo móvel, sendo possível ver algum conteúdo RA que apareça, áudio, detalhes da obra e ainda guardá-la como favorita (Figura 2.35c), tendo o utilizador rápido acesso às obras de que gostou mais (Figura 2.35d).

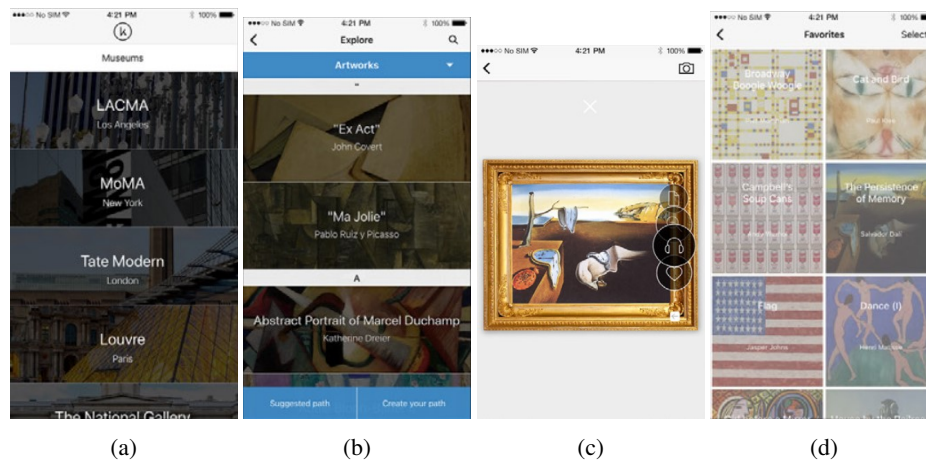


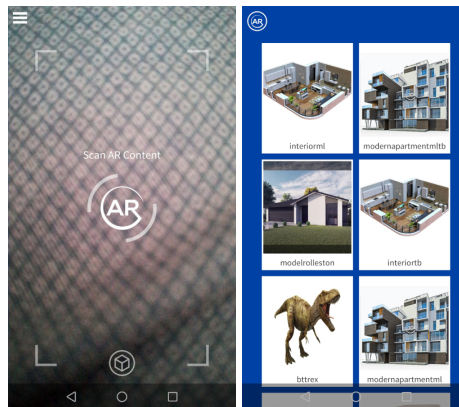
Figura 2.35: [9]

2.4 Aplicações para criar experiências de RA

Nesta secção são descritas aplicações destinadas a criar experiências de RA facilmente, sem ter necessidade de saber programar.

2.4.1 *Augmented Reality — UnifiedAR - Turn Offline On (UnifiedAR)*

A aplicação *Unified AR* foi criada com o objetivo de facilitar o trabalho, diminuir custos e despesas a projetos e empresas que necessitem de uma solução em RA sem precisarem de programar [7].

Figura 2.36: Reconhecimento e catálogo da aplicação *UnifiedAR*

Qualquer utilizador poderá usufruir desta aplicação e usar as suas experiências de RA, podendo reconhecer marcas (Figura 2.36 (esquerda)) ou apenas colocar objetos 3D no espaço à sua volta e movimentar-se sobre eles, tendo um catálogo à sua escolha (Figura 2.36 (direita)).

No caso de negócios, as empresas têm à sua disposição uma plataforma de RA *Do-It-Yourself (DIY) UnifiedAR* (Figura 2.37d) que lhes permite criar experiências de RA [6], baseadas em: reconhecimento de imagens (Figura 2.37a) ou de marcas cilíndricas (Figura 2.37b) a que podem ser associados vídeos ou modelos 3D; e colocação de modelos 3D em qualquer posição junto ao utilizador através da tecnologia SLAM (Figura 2.37c).

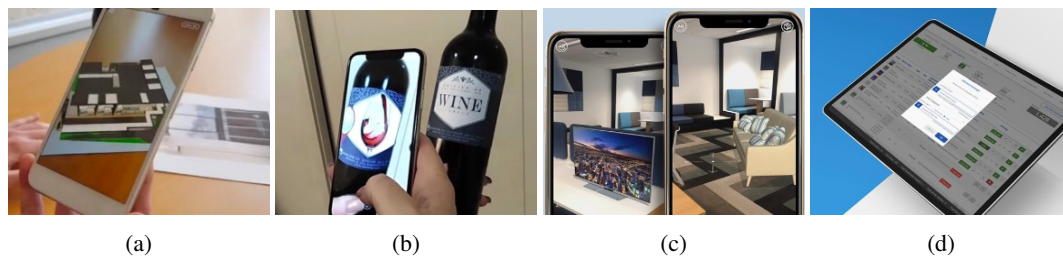


Figura 2.37: Tipos de alinhamento e conteúdos da aplicação *UnifiedAR* [7]

As experiências são criadas fazendo upload, de cada marca/imagem, vídeo ou modelo 3D, para a plataforma *online* disponibilizada pelos criadores da aplicação.

2.4.2 *UniteAR: Create Augmented Reality (UniteAR)*

A aplicação *UniteAR* foi desenvolvida pela *iBoson Innovations* [70] com o objetivo de ser possível criar experiências de RA em poucos cliques sem necessidade de programar [71].

Tem um catálogo de modelos 3D à escolha (Figura 2.38a) que podem ser colocados à volta do utilizador.

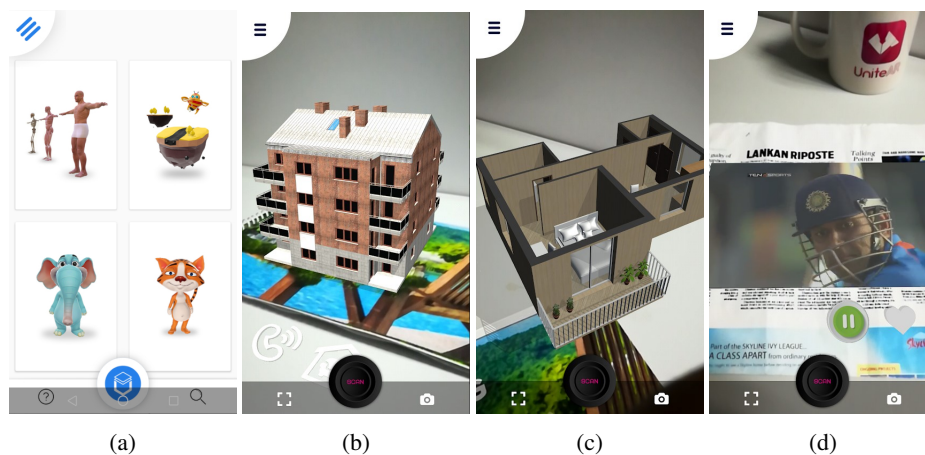


Figura 2.38: Aplicação *UniteAR* [71]

Qualquer utilizador poderá criar as suas experiências de RA registando-se no site do *UniteAR* de modo a fazer upload, de cada marca/imagem, vídeo ou modelo 3D. As experiências de RA são baseadas em reconhecimento de imagens a que são associados vídeos (Figura 2.38d), modelos 3D (Figura 2.38b), imagens 360° ou botões que executam ações, por exemplo, abrir uma página na web da compra de um artigo. As experiências podem também consistir na colocação de modelos 3D em redor do utilizador (Figura 2.38c).

2.4.3 *GuidiGo*

A *GuidiGo* criou uma aplicação com o objetivo de criar visitas guiadas e jogos interativos para cidades e/ou museus [67]. Uma empresa poderá criar qualquer guia ou jogo através do *browser* sem ter de escrever uma única linha de código [67].

Esta aplicação possui, também, uma vertente de RA, usando o *AR Navigator* para orientar visitantes num museu com caminhos e apontadores 3D e recorrendo a *beacons*, tendo os utilizadores de ter o *Bluetooth*

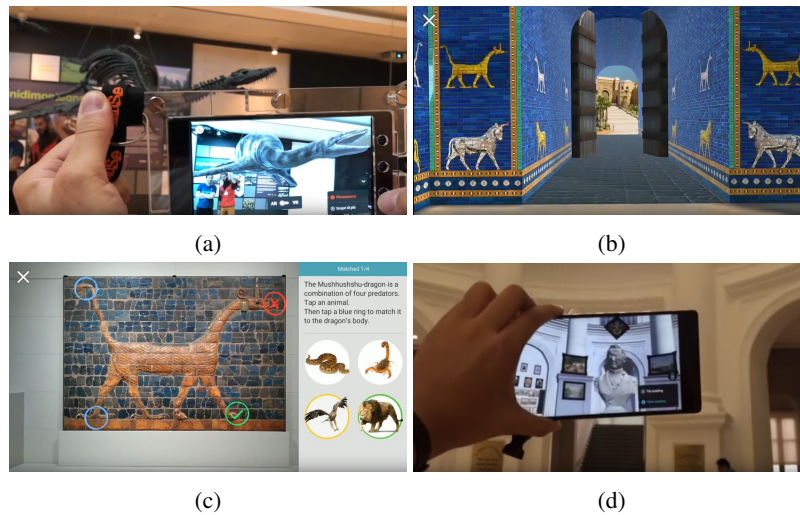


Figura 2.39: Experiências de RA da aplicação *GuidiGo* [66]

dos seus dispositivos ativo (Figura 2.40) [66].

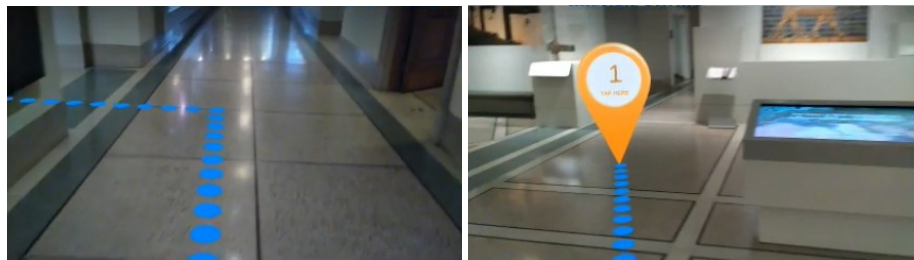


Figura 2.40: Navegação com caminhos e *pins* 3D da aplicação *GuidiGo* [66]

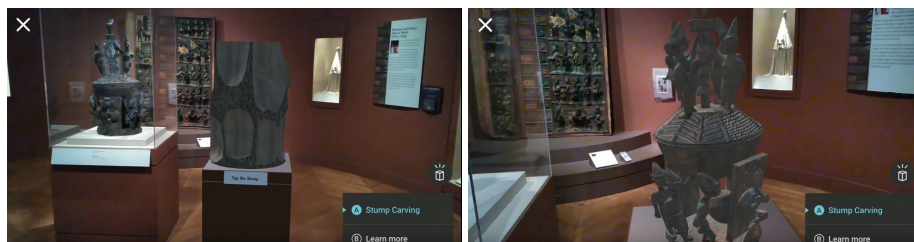


Figura 2.41: Esculpir uma estátua do museu com a aplicação *GuidiGo* [66]

O *AR Composer* produzido com o *Tango* [137] [66], a plataforma antecessora do *ARCore* da *Google* [63], permite oferecer aos visitantes experiências de RA, através do mapeamento do espaço envolvente, como:

- dar vida a dinossauros e outros modelos 3D interativos (Figura 2.39a);
- andar dentro de um edifício há muito perdido (Figura 2.39b);
- perceber como um artista criou uma obra de arte (Figura 2.41);
- jogos e desafios interativos (Figura 2.39c);

- testemunhar a evolução da construção, ao longo do passado e presente século, do museu (Figura 2.42);
- viagem ao passado em salas do museu de antigamente (Figura 2.39d).

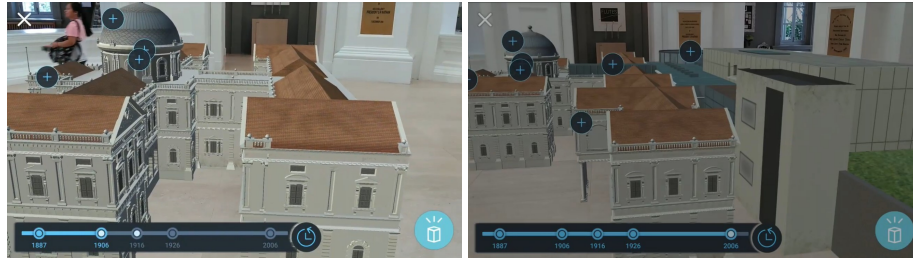


Figura 2.42: Evolução da construção do museu da aplicação *GuidiGo* [66]

2.5 Comparação das aplicações

Com o fim de comparar todas as aplicações descritas acima, foram criadas 2 tabelas: uma que faz a comparação de todas as aplicações descritas, tabela 2.1; outra, dividida em duas, tabelas 2.2 e 2.3, que faz a comparação entre as aplicações com RA implementada.

Para a tabela 2.1 foram escolhidos 4 tópicos de comparação:

- RA, se tem RA implementada;
- Filtragem, por tipo de filtragem: pesquisa, categorias, talhões ou região de origem;
- Tipo de mapa usado e funcionalidades que oferece;
- Tipo de conteúdo encontrado nas páginas dos PoI.

Para as tabelas 2.2 e 2.3 também foram escolhidos 4 tópicos de comparação:

- Motor de RA/jogo, ferramenta usada na criação da componente de RA: *Vuforia*, *Wikitude*, *Tango* ou *Unity*;
- Tipo de alinhamento usado nas experiências de RA: localização, inércia, alinhamento assistido por imagem, reconhecimento e rastreamento de marcas e imagens, SLAM ou *beacons*;
- Componentes da interface de RA;
- Tipo de conteúdo usado nas experiências de RA.

Tabela 2.1: Comparação de todas as aplicações deste capítulo

| | RA | Filtragem | Mapa | Conteúdos dos Pol |
|-----------------------------|----|--|---|--|
| ARMTA | ✓ | -pesquisa | - | -descrição -imagens -partilha -gosto -lista de plantas -direções |
| <i>Zaubergarten</i> | ✓ | - | - | - |
| Rancho Santa Ana | ✓ | -categorias | -Google Maps com imagem sobreposta -pop-up dos Pol com nome | -descrição -imagens -vídeo -áudio -partilha -direções -favoritos -eventos |
| AR SUT | ✓ | - | - | - |
| <i>BotanyAR</i> | ✓ | - | - | - |
| <i>Alnwick Garden</i> | ✓ | - | -mapa desenhado -legenda com nome e número dos Pol | -número -nome -imagem |
| <i>Plants with Bite</i> | ✓ | - | - | - |
| EduPARK | ✓ | - | -mapa desenhado -legenda com ícone e nome dos Pol -botão de RA | -ícone -nome |
| Quinta da Regaleira | ✓ | -categorias | -mapa desenhado | -imagens -percursos a que pertence -percursos com descrição e distância |
| Gaia App | ✓ | - | -mapa desenhado -pop-up com representação dos Pol | -imagem -nome -descrição |
| Rio de Janeiro | - | -categorias -pesquisa | -Google Maps | -imagens -visão 360º -descrição -características |
| Madeira | - | -categorias -região de origem | -Google Maps com imagem sobreposta -pop-up dos Pol com nome e imagem | -imagem -descrição -características -localização |
| <i>Padova</i> | - | -talhões -pesquisa -região de origem | -mapa desenhado -pop-up dos Pol com nome e número | -páginas deslizáveis -imagens -favoritos -descrição -talhão relacionado |
| Sydney | - | -pesquisa -categorias | -mapa desenhado -pop-up dos Pol com nome, imagem e direções -botão de recomendações -botão de tipo de orientação -botão de pesquisa | -imagem -descrição -localização -planeador de visita -áudio |
| <i>Garden Guide</i> | - | -categorias -pesquisa | -mapa não funcional | -imagens -descrição -características |
| RJB | - | -pesquisa -categorias | -mapa desenhado | -imagens -descrição -direções -partilha -áudio |
| <i>Zeitfenster</i> | ✓ | - | - | - |
| <i>La cocina valenciana</i> | ✓ | - | - | - |
| <i>KeyARt</i> | ✓ | - | - | - |
| <i>UnifiedAR</i> | ✓ | - | - | - |
| <i>UniteAR</i> | ✓ | - | - | - |
| <i>GuidiGo</i> | ✓ | - | - | - |

Tabela 2.2: Comparação das aplicações com RA deste capítulo, parte 1

| | Motor de RA / jogo | Tipo de alinhamento | Interface de RA | Conteúdos de RA |
|------------------|--------------------|---|---|---|
| ARMTA | - | -localização -inércia | -caixa com direções e distância até ao próximo Pol -mini-mapa circular com Pol | -caixas de texto com imagens, nome e distância até aos Pol |
| Zaubergarten | - | -reconhecimento e rastreamento de marcas e imagens -SLAM | -botão de instruções e informações | conteúdo 3D: -flores -animações de árvores -fadas -arbustos -cabana -plantio perene |
| Rancho Santa Ana | - | -beacons -SLAM -reconhecimento e rastreamento de marcas e imagens | -página de instruções | -áudio conteúdo 3D: -borboletas -plantas |
| AR SUT | - | -reconhecimento e rastreamento de marcas e imagens | - | conteúdo 3D: -animações -plantas -animais -insetos -répteis |
| BotanyAR | -Unity | -reconhecimento e rastreamento de marcas e imagens | -slider de instruções -botão "?" para visualizar novamente as instruções -botão "i" para informações sobre a aplicação | -áudio conteúdo 3D: -animações -plantas -edifícios |
| Alnwick Garden | - | -alinhamento assistido por imagem -SLAM | -interface transparente de instruções para fazer o alinhamento da imagem -captura de fotografias -partilha de fotografias nas redes sociais -botão de reinício da experiência | conteúdo 3D: -gigantes -criaturas fantásticas -objetos |
| Plants with Bite | - | -reconhecimento e rastreamento de marcas e imagens | -mensagens <i>pop-up</i> de informações e instruções -animação informativa do reconhecimento do marcador -botão "?" para visualizar novamente as instruções -interface que identifica marcadores já reconhecidos -mensagem <i>pop-up</i> de parabéns e reclamação do prémio | conteúdo 3D: -plantas |
| EduPARK | -Unity -Vuforia | -reconhecimento e rastreamento de marcas e imagens | -página de instruções -componente de assistência ao reconhecimento do marcador -imagem do marcador no canto superior esquerdo -botão para fixar conteúdo de RA no ecrã -botão "X" para sair da experiência | -imagens -conteúdo e interfaces informativas 3D interativos |

Tabela 2.3: Comparação das aplicações com RA deste capítulo, parte 2

| | | | | |
|-----------------------------|---------------------|---|--|--|
| Quinta da Regaleira | - | - <i>beacons</i> -alinhamento assistido por imagem | -imagem de assistência -botões de controlo do fluxo do vídeo -botão de desligar o som -botão de filtragem -botão de ligar lanterna do dispositivo -botão de tirar uma <i>selfie</i> | -vídeos educativos |
| Gaia App | -Unity -Wikitude | -SLAM ou inércia | -botão "X" para sair da experiência -botão "?" para visualizar as instruções -botão para reiniciar a experiência -botões para escolher a ave correta -botão para mudar para visão binocular -caixa de texto informativa da pontuação atual do jogador | -silhuetas de aves |
| Zeitfenster | - | -localização -inércia -alinhamento assistido por imagem | -ícone indicador para modificar opacidade das imagens -reprodutor de áudio | -pinos azuis -imagens -caixas de texto informativas |
| La cocina valenciana | -Unity -Vuforia | -reconhecimento e rastreamento de marcas e imagens | -diálogo de instruções -botão para sair da experiência -capturar fotografias -partilhar fotografias nas redes sociais | -imagens interativas de personagens, roupa e azulejos -menus interativos -modelos 3D interativos |
| KeyARt | - | -reconhecimento e rastreamento de marcas e imagens | -botão para ouvir áudio -botão para ver detalhes da obra -botão para guardar obra nos favoritos | -imagens como detalhes das obras de arte |
| UnifiedAR | - | -reconhecimento e rastreamento de marcas e imagens -reconhecimento e rastreamento de marcas e imagens cilíndricas -SLAM | -animação informativa do reconhecimento do marcador -botão para escolher modelo 3D -botão de menu lateral | -modelo 3D -vídeo |
| UniteAR | - | -reconhecimento e rastreamento de marcas e imagens -SLAM | -botão para reconhecer marcadores -botão para escolher modelo 3D -botão de menu lateral | -modelo 3D -vídeo -imagem 360º -imagens interativas |
| GuidiGo | -Tango | - <i>beacons</i> -reconhecimento e rastreamento de marcas e imagens -SLAM | -botão de informações sobre obra -menu de interação -barra de evolução do museu -botão "X" para sair da experiência | conteúdo 3D interativo: -obra de arte -criaturas -edifícios -caminhos virtuais -pinos -botões interativos -desafios -jogos |

2.6 Sumário

Todos os trabalhos descritos neste secção influenciaram de alguma forma o desenvolvimento deste projeto (Tabelas 2.1, 2.2 e 2.3).

A começar pelas aplicações de RA, a ferramenta de RA usada por cada uma, teve a sua importância na procura e uso de ferramentas usadas neste projeto, tendo em conta as ferramentas que são divulgadas nesta pesquisa de aplicações: o *Vuforia* e *Wikitude* com auxílio do motor de jogo *Unity*, assim como o *Tango*.

Todos os tipos de alinhamento, localização, orientação, inércia, alinhamento assistido por imagem, reconhecimento e rastreamento de marcas e imagens, SLAM, usados pelas aplicações acima expostas, foram testados e usados durante o desenvolvimento, com exceção dos *beacons*, que requerem instalação de infraestruturas no JBT.

A interface, criada e adotada por cada uma destas aplicações, do ecrã das experiências de RA, influenciou o *design* e desenvolvimento da solução deste projeto:

- o botão, página ou mensagem de instruções e informações;
- interface transparente a ser usada no alinhamento assistido por imagem;
- imagem do alvo, a ser reconhecido, deve ser bem evidenciada e indicada ao utilizador de forma a saber para onde apontar o dispositivo;
- interface indicadora de que o utilizador deve apontar o dispositivo para o alvo;
- diálogos e textos explicativos e informativos durante a execução da experiência de RA;

Os conteúdos das experiências de RA das aplicações descritas serviram de inspiração para as experiências criadas neste trabalho, dependendo do tipo de conteúdos a ser mostrado no JBT: texto, imagem e vídeo.

Em relação às aplicações sem RA, o tipo de mapa usado, sendo na sua maioria mapas desenhados a partir de imagens de satélite dos jardins, influenciaram na escolha do mapa para este projeto. Todas elas inspiraram o *design*, interface e construção da aplicação, como os tópicos de filtragem num *slider*, conteúdos mostrados sobre os PoI, imagens, descrições e botões.

Capítulo 3

Ferramentas de desenvolvimento de *software* de RA

Atualmente, a RA está a crescer exponencialmente, muito por culpa da aposta nesta área pelas grandes empresas de *software* a nível mundial, como a *Apple*, que lançou em 2017 o *ARKit*, seguida pela Google que anunciou o *ARCore* [96]. Estas ferramentas são exemplos de *Software Development Kits* (SDK), que ajudam o programador a tirar vantagem de todas as capacidades de processamento e reconhecimento dos sensores e restante *hardware* dos dispositivos móveis [26].

Um SDK de RA desempenha um papel fundamental no processo de desenvolvimento de uma aplicação, acelerando-o, ao adicionar funcionalidades e código fonte úteis para as operações de reconhecimento dos objetos reais sobre os quais se quer juntar informação, do rastreamento da posição e orientação do utilizador em relação a esses objetos e da renderização dos objetos virtuais sobre o mundo real [96, 125, 118].

Assim, com o objetivo de criar experiências de RA para os PoI do JBT, foi realizada uma pesquisa e análise a um conjunto de SDK.

3.1 Pesquisa de ferramentas

Nesta secção é exposta a pesquisa realizada aos diversos SDK, e suas versões, existentes até à data da sua procura, transcrita na data de acesso ao sítio da Internet oficial de cada uma na bibliografia deste documento.

Estas ferramentas têm um conjunto de expectativas em termos de funcionalidades, facilidade de uso e, é claro, custo [10], sendo estas as principais características avaliadas num SDK de RA [10]:

- Tipo de licença: código aberto, livre, comercial;
- Plataformas suportadas: *Android* e *iOS*;
- Suporte de *Unity*: um dos motores mais poderosos para desenvolvimento de jogos e o mais usado por criadores, ideal para a criação de experiências de RA;
- Reconhecimento e rastreamento de marcas e imagens;
- Reconhecimento e rastreamento de objetos 3D;
- Geolocalização: funcionalidade essencial para criar aplicações e jogos baseados em localização;

- SLAM (Localização e mapeamento simultâneos): permite que uma aplicação mapeie ambientes e rastreie os movimentos do dispositivo móvel nesse ambiente;
- Reprodução de vídeo;
- Adequados para óculos inteligentes.

Na altura da pesquisa realizada, encontraram-se mais de 74 SDK disponíveis para o desenvolvimento de aplicações de RA. São expostos de seguida e por ordem, aqueles que são mais vezes referenciados em artigos e relatórios na pesquisa realizada e que têm uma maior comunidade de programadores e empresas, num total de 15 artigos e relatórios, com exceção da primeira ferramenta, que foi usada como inspiração ao longo deste projeto.

3.1.1 AREB e Ferramenta de Visualização

A *Augmented Reality Experience Builder* (AREB) e a Ferramenta de Visualização são duas ferramentas criadas no âmbito de um projeto de mestrado [46].

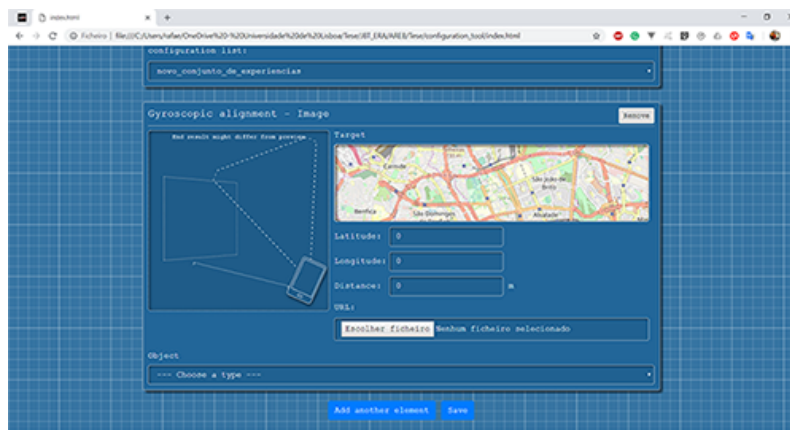


Figura 3.1: Tipo de alinhamento assistido por imagem, com recurso ao giroscópio do dispositivo móvel [46]

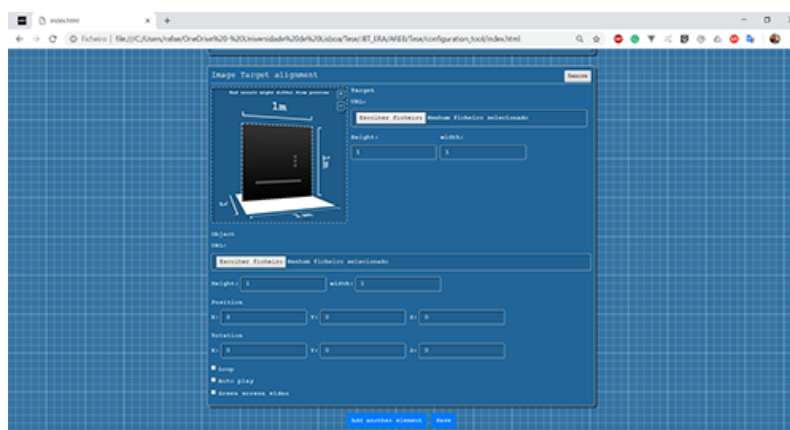


Figura 3.2: Objeto do tipo vídeo a ser adicionado à experiência de RA [46]

O *AREB* é uma ferramenta que permite ao utilizador criar experiências de RA com diferentes técnicas

de alinhamento. São disponibilizadas listas de configuração, numa página *HTML*, que permitem criar as diferentes experiências [46]. Aí, é possível criar diversos tipos de experiências:

- Experiência com reconhecimento e rastreamento de marcas e imagens alvo;
- Experiência por alinhamento com recurso ao giroscópio do dispositivo móvel, considerando 3 situações:
 - Alinhamento, prontamente, à frente da câmara, isto é, o elemento virtual aparece à frente da câmara logo que esta é ativada;
 - Alinhamento com recurso à bússola do dispositivo móvel, indicando o ângulo em relação a Norte. Neste caso, o elemento virtual aparece sempre que o dispositivo móvel aponta na direção indicada;
 - Alinhamento assistido por imagem (ver subsecção 2.1.8) (Figura 3.1).

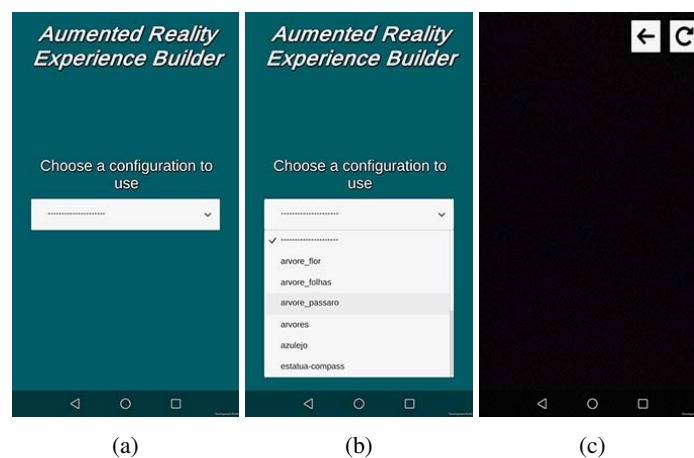


Figura 3.3: Ferramenta de Visualização [46]

Os elementos virtuais podem ser de 3 tipos: texto, imagem ou vídeo. A Figura 3.1 mostra a interface para definição dos parâmetros do alinhamento assistido por imagem e a Figura 3.2 apresenta a interface para associação da experiência a um vídeo.

Por fim, a Ferramenta de Visualização foi criada usando o *Unity* como plataforma de desenvolvimento, que por sua vez usa um SDK chamado *EasyAR* [132], descrito mais à frente neste capítulo. Nesta ferramenta (Figura 3.3a) é escolhida a lista de experiências pretendida (Figura 3.3b) e visualizada no modo câmara (Figura 3.3c). Ao ser usado o *Unity*, suporta tanto o *Android* como o *iOS*. Estas ferramentas foram disponibilizadas pelo seu autor, Alexander Fernandes, para testes e possível uso e modificação neste projeto.

3.1.2 Vuforia

O *Vuforia*, criado pela *Qualcomm Connected Experiences, Inc.* e adquirido em 2015 pela *PTC* [97], é um SDK de RA bem reconhecido, popular e usado por um grande número de programadores e empresas. É uma ferramenta poderosa e fácil de usar [61, 10]. Suporta todas as principais plataformas, como o *Android*, *iOS*, *UWP* [89], *Windows* e *Unity* [5, 61, 46, 26].

O seu funcionamento é baseado numa tecnologia de Visão Computacional (VC) que permite reconhecer imagens ou objetos 3D simples sobre os quais são colocados os elementos virtuais [109, 105, 26].

O *Vuforia* suporta uma variedade de tipos de alvos 2D e 3D, incluindo alvos de imagem “sem marca”, configurações 3D com vários alvos e uma forma de marca fiducial conhecida como *VuMark* [105, 118, 26]. Funcionalidades adicionais deste SDK são, por exemplo, a deteção de oclusão localizada no uso de “botões virtuais”, a seleção de imagens alvo em tempo de execução e a capacidade de criar e reconfigurar conjuntos de alvos dinamicamente em tempo de execução [105, 118, 26].

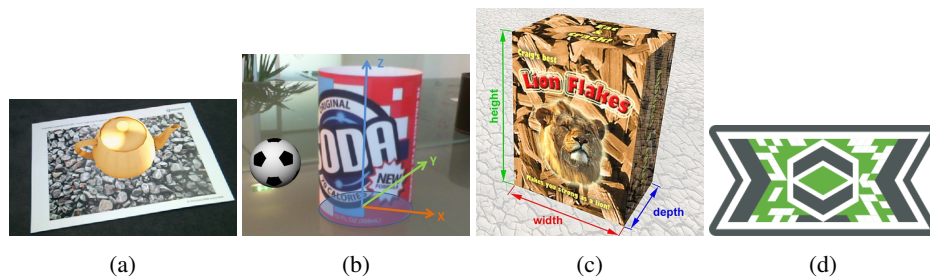


Figura 3.4: Exemplos de alvos do SDK *Vuforia* [105]

Funcionalidades do *Vuforia*: reconhecimento de vários tipos de objetos, 3D e 2D [10]; imagens alvo [46] (Figura 3.4a); alvos cilindros [46] (Figura 3.4b); múltiplos alvos [109] (Figura 3.4c); objetos alvo [109]; alvos modelo [61]; possui códigos de barras próprios, marcas fiduciais, *VuMarks*[26] (Figura 3.4d); reconhecimento de texto [10]; alvos definidos pelo utilizador [46]; processo de reconhecimento localmente e em base de dados na *nuvem* [61]; deteção do plano do chão [96]; reprodução de vídeo [10]; efeitos de background [15]; botões virtuais que transformam várias superfícies em ecrãs sensíveis ao toque [10]; *Fusion*: O *Fusion* resolve o problema de fragmentação nas tecnologias de RA, incluindo câmaras, sensores, *chipsets* e estruturas de *software* como o *ARKit* e *ARCore* [136]; realidade mista e suporte para óculos, incluindo o *Microsoft HoloLens* [96].

As funções básicas estão disponíveis gratuitamente, mas com a marca d'água *Vuforia* aplicada em cada aplicação desenvolvida [134, 61, 10]. A licença *Classic* tem uma taxa única de 499\$ e a licença em *nuvem* custa 99\$ por mês à data de acesso ao sítio oficial do *Vuforia* [134, 61, 10].

Número de referências: 14.

Para uma pesquisa mais detalhada ver apêndice A.1.

3.1.3 Wikitude

Criado em 2008 [140] e vencedor do *Auggie Award* em 2017 [139, 10] pela melhor ferramenta de desenvolvimento de RA, o *Wikitude* é um SDK de RA capaz de desenvolver aplicações complexas, nativamente e em *Javascript*, para *Android*, *iOS* e *Windows* [10, 118, 99, 121, 5, 61, 109, 96, 26]. Inclui suporte para dispositivos móveis, *tablets* e óculos inteligentes [10, 118, 99, 5, 61, 96, 26].

Este SDK é compatível com *Unity*, *Cordova/Phonegap*, *Appcelerator Titanium*, *Xamarin*, *Javascript* e *Native API* [10, 118, 121, 5, 61, 109, 26];

Este SDK combina todas as tecnologias existentes de RA: reconhecimento e rastreamento de imagens [46]; reconhecimento e rastreamento de objetos [46]; rastreamento instantâneo sem marca (baseado em

SLAM) [46]; reconhecimento e rastreamento simultâneo de várias imagens [46]; rastreamento estendido além do alvo [46]; serviços baseados em localização com rastreamento geográfico [46]; opções avançadas da câmara [5]; conteúdos 3D animados [10]; o *plug-in* para *Unity* fornece as ferramentas para criação de base de dados de objetos 3D e de imagens [105]; pode ser usado localmente ou com bases de dados de imagens na *nuvem* para identificação e processamento mais rápido [109]; suporte para *ARCore* e *ARKit* [99]; reconhecimento de cena: capaz de renderizar grandes objetos para jogos ao ar livre, construção etc. [121]; alvos instantâneos: capaz de guardar e compartilhar alvos e objetos instantaneamente [121]; visualização ao vivo do *Unity* [121].

O *Wikitude* não é barato, mas a qualidade de ponta tem o seu preço. Uma assinatura anual começa nos 2490\$. A taxa única fica a 1990\$ por um único produto, o que não inclui atualizações futuras e outros serviços online. Porém, o SDK pode ser usado para desenvolver e testar aplicações: a versão de avaliação possui todas as funcionalidades principais e não expira, mas existe uma marca d'água nos projetos desenvolvidos. [10, 5]

Número de referencias: 13.

Para uma pesquisa mais detalhada ver apêndice A.2.

3.1.4 *ARKit*

O *ARKit* foi desenhado para ser usado exclusivamente pelos *iPhones* e *iPads*, com *iOS*, e *MacOS* da *Apple* [15, 125, 99, 61, 26, 46]. Este SDK, lançado na *WWDC* 2017 [138], foi criado para demonstrar as capacidades do desenvolvimento de RA para dispositivos da *Apple* e competir com outras empresas de tecnologia como o *Facebook* e a *Microsoft* [15, 125, 99].

O alcance e escalabilidade são o seu forte, devido aos sistemas operativos da *Apple* terem uma grande retro-compatibilidade com os dispositivos mais antigos [5], apesar de funcionar apenas com os últimos processadores da *Apple* A9, A10 e *iOS* 11, 12 e posteriores, o que significa que apenas os dispositivos que foram desenvolvidos após 2015 poderão usufruir da ferramenta [109, 121, 5, 96].

O *ARKit* suporta os principais motores de RA, como *Unity*, *Vuforia*, *Unreal Engine*, *Metal* e *SceneKit* [125, 10, 26].

Estas são as suas principais funcionalidades: experiência partilhada [125]; experiência persistente [15]; reconhecimento e rastreamento de imagens [121]; reconhecimento e rastreamento de objetos 3D [61]; rastreamento de movimento, estável e rápido [46]; rastreamento baseado em SLAM [46]; estimativa de planos com limites simples, como mesas e pisos [46]; compreensão eficiente do espaço [46]; estimativa da iluminação do objeto virtual de acordo com a iluminação do ambiente [46]; câmara *TrueDepth* capaz de reconhecer a posição, estrutura e expressão do rosto do utilizador [46]; Odometria Visual de Inércia (VIO) que reúne os dados do sensor da câmara com os dados do *Core Motion* e rastreia movimentos dos dispositivos sem nenhuma calibração adicional [96]; *hardware* de alto desempenho e otimizações de renderização [96].

Este *software* está disponível para testar, desenvolver e lançar aplicações gratuitamente para *iOS* [46].

Possui, já, uma comunidade ativa de programadores que contribuem para tornar a plataforma mais estável, eficiente e útil [10].

Número de referências: 12.

Para uma pesquisa mais detalhada ver apêndice A.3.

3.1.5 *ARCore*

A *Google* lançou o *ARCore* no início de 2018, de modo a trazer as ferramentas de RA a um maior número de programadores de *Android*, projetado para competir com o *ARKit* da *Apple*, com funcionalidades e usabilidade muito semelhantes. O *ARCore* é o SDK de RA de código aberto da *Google* capaz de criar experiências de RA para dispositivos *Android*, com versão 7.0 e posterior [51, 125, 10, 121, 5, 96, 26].

O *ARCore* veio substituir o SDK de RA *Tango*, criado, originalmente, para desenvolver aplicações de RA com *hardware* especial equipado com sensores de medição de profundidade [125, 96, 26]. O *ARCore* começou como uma versão atualizada e melhorada do *Tango*, porém, sem a necessidade de *hardware* especializado [125, 96, 26].

Além do mais, esta plataforma da *Google* disponibiliza várias API, algumas disponíveis em dispositivos *Android* e *iOS*, com versão 11 e posterior, incluindo *iPhone SE*, *iPhone 6S*, *iPhone 7*, *iPhone 8* e *iPhone X*, o que torna possível experiências de RA partilhadas com opções para múltiplos utilizadores, como a criação de jogos com múltiplos jogadores online [125, 51, 121, 61].

O *ARCore* tem suporte para *Unity*, *Unreal Engine*, *Java / OpenGL*, *Web* [10, 99, 96, 26].

De modo a combinar o mundo digital com o mundo real, o *ARCore* destaca-se por estas três funcionalidades: rastreamento de movimento baseado em SLAM [46]; compreensão do ambiente, permite detetar o tamanho e localização das superfícies, horizontais e verticais, e até angulares [46]; estimativa de luminosidade [46].

Estes permitem ao utilizador movimentar-se e interagir com o conteúdo digital no mundo real de forma eficiente e credível [51].

Esta ferramenta encontra-se disponível em código aberto [46].

Os programadores irão encontrar uma próspera comunidade que cresce no *Google ARCore* [10].

Apesar disso, até à data da pesquisa realizada, o *ARCore* encontra-se disponível num número muito reduzido de dispositivos móveis, apenas nos chamados topo de gama, e não todos, devido à necessidade de *hardware* e *software* específico, o que irá limitar a utilização de qualquer aplicação criada através do *ARCore*.

Número de referências: 11.

Para uma pesquisa mais detalhada ver apêndice A.4.

3.1.6 *ARToolKit*

O *ARToolKit* é um SDK de RA de código aberto disponível na plataforma *GitHub* [82, 15, 51, 93]. Desde o seu lançamento, em 2004, já conta com mais de 160 mil downloads [105].

O *ARToolKit* foi criado por *Hirokazu Kato*, do Instituto *Nara* de Ciência e Tecnologia em 1999 e lançado pelo *HIT Lab* da Universidade de *Washington* em 2001, ao incorporar o *ARToolWorks* com a versão 1.0 de código aberto do *ARToolKit* [26, 105]. O *ARToolKit* foi um dos primeiros SDK de RA para dispositivos móveis, tendo sido testado primeiro no *Symbian* [117] em 2005, no *iOS* com o *iPhone 3G* em 2008 e,

finalmente, no *Android* já em 2010, com uma versão profissional da *ARToolWorks* mais tarde em 2011 [105].

A *DAQRI* [29] adquiriu o *ARToolWorks* em 2015 e, simultaneamente, o *ARToolKit* e relançou-o como um projeto de código aberto a partir da versão 5.2 em 13 de maio de 2015, incluindo todos os recursos anteriormente disponíveis apenas na versão licenciada profissional [105, 96, 26]. Entre esses recursos estão o suporte para dispositivos móveis e o rastreamento de características naturais [105].

Uma nova versão do *ARToolKit*, o *ARToolKit-6*, está disponível na loja *Unity Asset* em forma de um *plugin* [96].

É rápido, intuitivo e multi-plataforma - sendo suportado em *iOS*, *Android*, *Windows*, *MacOS* e *Linux* [15, 51, 93, 121, 46, 26].

Estas são as suas principais funcionalidades: reconhecimento e rastreamento de imagens planares / características naturais [46]; reconhecimento e rastreamento de quadrados com silhuetas pretas simples [46]; reconhecimento e rastreamento de códigos de barras [96]; *plugins* para *Unity* [51]; *plugins* para *OpenScene-Graph* [121]; integração com GPS e bússola [15]; calibração automática da câmara e ópticas estereoscópicas [96]; reconhecimento e rastreamento da posição e orientação dos dispositivos com câmaras normais e telescópicas [93]; suporta óculos inteligentes [105]; suporta capacetes de RV [93]; rápido o suficiente para as atuais aplicações de RA em tempo real [121].

Número de referências: 11

Para uma pesquisa mais detalhada ver apêndice A.5.

3.1.7 *EasyAR*

Lançado em 2015 [131] e vencedor do *Prémio de Melhor Software da World Augmented Reality Expo 2016* [125], o *EasyAR* é um SDK comercial de RA, desenvolvido pela *VisionStar Information Technology*, em *Shanghai* [96], que oferece muitas funcionalidades úteis com a sua versão gratuita, sem marca d'água [10, 125]. Suporta uma ampla variedade de plataformas, como *UWP*, *iOS*, *Windows*, *MacOS*, *Unity* e *Android* [61, 10, 105, 125, 46, 26].

As suas principais funcionalidades são: leitura de código QR [46]; rastreamento de imagens planares [46]; reconhecimento e rastreamento de imagens em tempo real [105]; reconhecimento e rastreamento simultâneos de vários alvos [10, 46]; *plugin* de motor 3D pronto a usar [10]; armazenamento até mil alvos localmente [109]; reprodução de vídeo [105]; reprodução de vídeo transparente [105]; empacotamento das aplicações na nuvem [61]; percepção do ambiente envolvente [61]; reconhecimento através da *nuvem* [109]; suporte de óculos inteligentes [61].

A versão *Pro*, que tem uma taxa única de 499\$, começa com 100 usos da aplicação por dia, oferece os seguintes recursos extras [125]: SLAM [46]; câmara monocular 6-DoF em tempo real [105]; rastreamento de objetos 3D [46]; reconhece e rastreia um objeto 3D comum com texturas em tempo real [125]. O objeto pode ter diferentes formas e estruturas [105]; reconhecimento e rastreamento simultâneos dos vários tipos de alvo: 2D, 3D e código QR [46]; gravação de ecrã [10]; solução de gravação de conteúdo altamente eficiente e simples [105].

Número de referências: 11.

3.1.8 *Kudan*

O *Kudan* é um laboratório profissional de tecnologia de pesquisa e engenharia de algoritmos de VC, estabelecido pelo empresário *Tomo Ohno* em 2011. A equipa foi escolhida a dedo devido às suas capacidades específicas na área de VC. Sediada em Tóquio, o *Kudan* possui um centro de tecnologia em *Bristol*, Reino Unido, com vendas e suporte que cobre o mercado global [105].

O *Kudan* faz parceria com empresas de semicondutores e OEM (Fabricantes do Equipamento Original) em todo o mundo para criar a visão de última geração, como a sua tecnologia proprietária SLAM, incorporada em soluções de TI (Tecnologias de Informação) autónomas e interativas, como RA e RV, carros autónomos, robótica e *drones* [105, 125, 96]. Até ao momento, as tecnologias de VC do *Kudan* foram entregues a mais de 20 mil licenças a uma ampla variedade de mercados [105].

O *Kudan* criou um SDK concorrente com o *Vuforia* no mercado de desenvolvimento de RA, notoriamente mais simples de desenvolver aplicações de RA, que suporta plataformas como o *Android*, *iOS*, *Unity* e óculos inteligentes [5, 61, 93, 96, 26, 46]. É uma plataforma que oferece uma interface simples que facilita o desenvolvimento de aplicações de RA [61].

Estas são as funcionalidades que o destacam: rastreamento baseado em marcas, 2D e 3D, e sem marcas, como o SLAM [46]; sistema de alta velocidade e baixo consumo que continua a funcionar sob condições extremas de iluminação [125]; suporta gráficos 3D de alta qualidade [61]; suporta sensores de câmara como profundidade para renderizar conteúdo virtual no local do alvo [5]; gestor simples e seguro de bases de dados no editor do *Unity* [61]; é ágil o suficiente para ser usado de várias maneiras, como num *head-mounted display* ou incorporado num *chipset* [96].

O *Kudan* tem uma versão gratuita disponível apenas para o desenvolvimento e teste de aplicações, enquanto a licença comercial custa 1230\$ [5, 61].

Número de referências: 11.

Para uma pesquisa mais detalhada ver apêndice A.6.

3.1.9 *DroidAR*

O *DroidAR*, desenvolvido inicialmente em 2010, é um SDK de RA gratuito de código aberto para projetos não comerciais, dedicado ao desenvolvimento de aplicações *Android*, que permite que programadores integrem a RA nas suas aplicações [51, 16]. Com esta ferramenta é possível criar facilmente experiências de RA baseadas na localização e em marcas para dispositivos *Android* [51].

Desde a criação inicial do protótipo deste SDK de RA em 2010, foi continuamente modificado e melhorado, sendo que, foram adicionadas e criadas novas funcionalidades até 2017, com um total de 12 contribuidores [16, 108].

No seu início, foi um dos SDK de RA de código aberto mais usados para *Android*. O *feedback* regular dos programadores, bem como a sua aplicação em seminários e seminários práticos de projetos, onde o SDK foi usado como base de muitos projetos, contribuiu para a sua evolução e crescimento [16].

O interesse pelo *DroidAR* foi crescendo, e até à data da pesquisa feita, é usado por vários programadores em todo o mundo. No site oficial da ferramenta existiam cerca de 1500 visitas ao site oficial por mês, com uma tendência crescente. Além disso, 83% dos cerca de 3200 programadores voltam ao site após a sua

visita inicial, o que mostra a existência de um grande interesse por parte de programadores neste SDK [16].

Esta ferramenta tem como principais funcionalidades: reconhecimento de passos [16]; RA no interior [16]; experiências baseadas na localização [16]; SDK de contribuição coletiva [16].

Número de referências: 1.

3.2 Comparação das ferramentas

Com o fim de comparar todas as ferramentas descritas acima, foram criadas 4 tabelas: a tabela 3.1 que faz a comparação de técnicas de alinhamento; a tabela 3.2 que compara o tipo de conteúdos virtuais; a tabela 3.3 que contrasta as plataformas suportadas; por fim, a tabela 3.4 que faz a comparação de licenças.

Tabela 3.1: Comparação de técnicas de alinhamento dos SDK de RA

| | Marcas | Imagens | Objetos 3D | Localização | SLAM | Sensores de inércia e orientação | Alinhamento assistido por imagem |
|-----------|--------|---------|------------|-------------|------|----------------------------------|----------------------------------|
| AREB | ✓ | ✓ | - | - | - | ✓ | ✓ |
| Vuforia | ✓ | ✓ | ✓ | - | ✓ | ✓ | - |
| Wikitude | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | - |
| ARKit | ✓ | ✓ | ✓ | - | ✓ | ✓ | - |
| ARCore | - | - | - | - | ✓ | ✓ | - |
| ARToolKit | ✓ | ✓ | - | ✓ | - | ✓ | - |
| EasyAR | ✓ | ✓ | ✓ | - | ✓ | ✓ | - |
| Kudan | ✓ | ✓ | ✓ | - | ✓ | ✓ | - |
| DroidAR | - | - | - | ✓ | - | ✓ | - |

Tabela 3.2: Comparação de tipo de conteúdos virtuais dos SDK de RA

| | Texto | Imagem | Objeto 3D | Vídeo |
|-----------|-------|--------|-----------|-------|
| AREB | ✓ | ✓ | - | ✓ |
| Vuforia | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| Wikitude | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| ARKit | ✓ | ✓ | ✓ | - |
| ARCore | ✓ | ✓ | ✓ | - |
| ARToolKit | ✓ | ✓ | ✓ | - |
| EasyAR | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| Kudan | ✓ | ✓ | ✓ | - |
| DroidAR | ✓ | ✓ | ✓ | - |

Tabela 3.3: Comparação de plataformas suportadas pelos SDK de RA

| | Android | iOS | MacOS | Windows | UWP | Linux | Unity |
|-----------|---------|-----|-------|---------|-----|-------|-------|
| AREB | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | - | ✓ |
| Vuforia | ✓ | ✓ | - | ✓ | ✓ | - | ✓ |
| Wikitude | ✓ | ✓ | - | ✓ | - | - | ✓ |
| ARKit | - | ✓ | ✓ | - | - | - | ✓ |
| ARCore | ✓ | - | - | - | - | - | ✓ |
| ARToolKit | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | - | ✓ | ✓ |
| EasyAR | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | - | ✓ |
| Kudan | ✓ | ✓ | - | - | - | - | ✓ |
| DroidAR | ✓ | - | - | - | - | - | - |

Tabela 3.4: Comparação de licenças dos SDK de RA

| | Código Aberto | Licença Gratuita | Licença de Teste | Licença Paga |
|-----------|---------------|------------------|------------------|--------------|
| AREB | - | ✓ | - | ✓ |
| Vuforia | - | - | ✓ | ✓ |
| Wikitude | - | - | ✓ | ✓ |
| ARKit | - | ✓ | - | - |
| ARCore | ✓ | - | - | - |
| ARToolKit | ✓ | - | - | - |
| EasyAR | - | ✓ | - | ✓ |
| Kudan | - | - | ✓ | ✓ |
| DroidAR | ✓ | - | - | - |

3.3 Escolha das ferramentas

Devido ao facto de, no início neste projeto, não existirem quaisquer requisitos da parte dos peritos, foi necessário suscitar ideias e despertar a imaginação dos mesmos para os requisitos da criação das experiências de RA para os PoI do JBT. Decidiu-se mostrar o que é possível criar com a tecnologia e orçamento disponíveis.

Não sendo conhecido o tipo/técnica, conteúdo ou ideia das experiências de RA pretendidas para os PoI do JBT, a escolha das ferramentas foi direcionada no sentido de escolher aquela com a melhor margem de manobra possível, ou seja, aquela que quaisquer decisões tomadas, no decurso e futuro deste projeto, não iria implicar um retrocesso no desenvolvimento desta solução, de modo a que pusesse em risco a conclusão do projeto.

Desse modo, implicaria escolher a ferramenta que oferecesse o maior número de funcionalidades úteis à criação da aplicação, ou seja, com o maior número de tipos/técnicas de alinhamento de experiências possíveis de criar, e que possibilitasse utilizar qualquer tipo de conteúdo. Sendo que as ideias surgiriam por consequência.

Ainda assim, sem requisitos da parte dos peritos, foi decidido criar os nossos requisitos baseados no próprio Jardim. Portanto, respondemos a três perguntas fundamentais: onde, o quê e como.

Onde: O “onde” será o local, de uso da aplicação e das experiências de RA, decisivo para escolher funcionalidades como reconhecimento e rastreamento de imagens em 2D e marcas, reconhecimento e rastreamento de objetos em 3D, rastreamento SLAM, rastreamento de localização (usando o GPS) e rastreamento baseado em sensores, como o acelerómetro, bússola e giroscópio [96].

O quê: Que conteúdo e tipo mostrar nas experiências. Usar a renderização de modelos 3D, animações e deteção de movimentos ou toques? No geral, “o quê” pode ser qualquer informação digital, por exemplo, texto, imagem, vídeo, com a qual o utilizador possa interagir, por exemplo, girar, mover, tocar, etc. [96].

Como: O “como” é o mais importante, sem ele não seria possível criar as experiências de RA, pois envolve a implementação da RA, o SDK a usar para facilitar o seu desenvolvimento, a plataforma em que será desenvolvida, usada e suportada, assim como a linguagem a ser utilizada e o tipo de licença da ferramenta de RA [96].

3.3.1 Onde

Os PoI, em que a aplicação iria ser usada e, especificamente, das experiências de RA, não eram conhecidos na altura da escolha das ferramentas a usar para o projeto. O JBT é um jardim extenso com cerca de 2 mil plantas que se podem observar, 14 bustos, 6 estátuas, 1 palácio, vários edifícios, ladrilhos e azulejos. Sabendo isto, foi pressuposto que iria ser usada em qualquer parte do Jardim, bem como dentro de qualquer edifício do JBT.

Marcas e localização

Posto isto, seria provável alguns dos PoI estarem a poucos metros de distância entre eles e outros a vários metros. Havendo esta variedade de PoI e distância entre eles, a escolha de ferramentas de RA a usar no desenvolvimento das experiências de RA teria de ser baseada em dois tipos: em localização e em marcas.

Devido à falta de precisão do GPS, se não houver necessidade de alinhar rigorosamente os elementos virtuais com o PoI, pode considerar-se apenas a geolocalização, caso contrário deverão usar-se marcas.

Portanto, os dois primeiros requisitos a serem considerados na escolha foram o suporte de geolocalização e reconhecimento e rastreamento de marcas.

Azulejos e estatuária

Devido à existência de variados azulejos no Jardim, poder-se-ia dar uso aos seus diferentes desenhos e cores e fazer uso das capacidades de reconhecimento e rastreamento de imagem das ferramentas de RA pesquisadas de maneira a alinhar conteúdo digital com o azulejo, sobrepondo-o.

Uma vez que existem estátuas e bustos, em um número significativo, poder-se-ia dar uso às suas diferentes formas e tirar partido das capacidades de reconhecimento e rastreamento de objetos 3D dos SDK de RA de modo a renderizar conteúdo digital nas proximidades da estatuária ou sobrepondo-o à mesma.

Interior e exterior

Nos casos em que existem PoI dentro de edifícios do JBT, o rastreamento de localização seria inutilizável pelo não funcionamento do GPS, assim como nos casos de fraca luminosidade que afetam o correto funcionamento do reconhecimento e rastreamento de imagem, marcas e objetos 3D, quer no interior, quer no exterior, requerem a utilização de técnicas de alinhamento de RA que não dependem nem da localização nem das condições luminosas em que o utilizador se encontra.

Consequentemente, o suporte de SLAM permitiria mapear o ambiente ao redor do utilizador e reconhecer os seus movimentos nesse mesmo ambiente, permitindo ao utilizador colocar e interagir com objetos virtuais em qualquer local sem necessidade de uso de GPS, apesar de depender das condições luminosas do ambiente, podendo o utilizador estar em locais interiores ou exteriores com fraco sinal de GPS.

Similar ao SLAM, porém sem o mapeamento do ambiente, usando apenas o acelerómetro, bússola e giroscópio dos dispositivos móveis, permite ao utilizador colocar e interagir com objetos virtuais em qualquer local sem necessidade de uso de GPS e sem depender das condições luminosas do ambiente, podendo o utilizador estar em locais interiores ou exteriores com fraco sinal de GPS.

Além das duas técnicas referidas acima, outra funcionalidade que pode oferecer solução a este problema seria o alinhamento assistido por imagem, que permite ao utilizador alinhar uma imagem com o objeto real, não dependendo assim da localização nem das condições luminosas em que o utilizador se encontra.

Consultando a tabela 3.1 verifica-se que não há nenhum SDK que responda a todas as técnicas identificados como úteis para construir as experiências de RA. Será necessário combinar a utilização de várias ferramentas.

3.3.2 O quê

Este é o ponto mais abstrato, em que não se sabe que tipo de conteúdo será o mais indicado para se visualizar no JBT, não tendo quaisquer requisitos dos peritos. Por conseguinte, o ideal seria utilizar uma ferramenta que suportasse o maior número de tipos de conteúdo: texto, imagem, objeto 3D e vídeo; de modo a que se pudessem dar uma maior liberdade de escolha aos peritos.

Consultando a tabela 3.2 verifica-se que o *EasyAR*, o *Vuforia* e o *Wikitude* permitem incluir todos os tipos de conteúdos referidos.

3.3.3 Como

Dos primeiros objetivos dados a conhecer para este projeto, é o de que a aplicação será apenas desenvolvida para *Android*. Sendo o sistema operativo móvel mais utilizado em todo o mundo, com cerca de 75% de *share* no mercado de sistemas operativos móveis [60]. Por essa razão, exclui-se, desde logo, o “*ARKit*” (3.1.4) da escolha (ver tabela 3.3).

Para criar experiências de RA de forma simples, rápida e eficiente, com um SDK, por vezes, a implementação e criação é ainda mais simplificada e agilizada ao suportar um motor de jogo, como por exemplo, o *Unity* [126, 90, 125, 4, 10]. Todas as ferramentas consultadas suportam o *Unity*, com exceção do “*DroidAR*” (3.1.9) (ver tabela 3.3).

Ademais, sendo estas experiências implementadas para *Android*, e sendo o *Android*, maioritariamente, programado e usado pela comunidade de programadores com a linguagem de programação *Java*, será dada prioridade às ferramentas desenvolvidas com esta linguagem.

Por último, apesar de ser conhecido que dificilmente haveria verba para aquisição de uma licença de *software*, fez-se uma análise aprofundada de cada ferramenta encontrada para comparar as funcionalidades oferecidas pelas ferramentas existentes. De acordo com a tabela 3.4, apenas 5 de entre as ferramentas disponíveis para *Android* têm código aberto ou licença gratuita: o “*AREB e Ferramenta de Visualização*” (3.1.1), o “*ARCore*” (3.1.5), o “*ARToolKit*” (3.1.6), o “*EasyAR*” (3.1.7) e o “*DroidAR*” (3.1.9).

Todavia, o “*ARCore*” (3.1.5) teve de ser excluído devido ao número reduzido de dispositivos móveis com que iria ser compatível, inclusive o dispositivo disponível para teste e desenvolvimento neste projeto.

Assim, ficou-se apenas com o “*AREB e Ferramenta de Visualização*” (3.1.1), o “*EasyAR*” (3.1.7) e o “*DroidAR*” (3.1.9) (ver tabela 3.5). Note-se que, na tabela 3.5, o “*EasyAR*” (3.1.7) não possui reconhecimento e rastreamento de objetos 3D nem suporte da tecnologia SLAM, isto porque estas funcionalidades apenas estão disponíveis com uma licença paga.

Tabela 3.5: Comparação de técnicas de alinhamento dos SDK de RA compatíveis, de código aberto ou com licença gratuita

| | Marcas | Imagens | Objetos 3D | Localização | SLAM | Sensores de inércia e orientação | Alinhamento assistido por imagem |
|-----------|--------|---------|------------|-------------|------|----------------------------------|----------------------------------|
| AREB | ✓ | ✓ | - | - | - | ✓ | ✓ |
| ARToolKit | ✓ | ✓ | - | ✓ | - | ✓ | - |
| EasyAR | ✓ | ✓ | - | - | - | ✓ | - |
| DroidAR | - | - | - | ✓ | - | ✓ | - |

3.3.4 Testes e demonstrações

Foram realizados testes de funcionamento básico das ferramentas de RA, com o objetivo de verificar que funcionalidades poderiam ser usadas neste projeto para se criar as experiências de RA. Com os testes feitos, poder-se-ia criar demonstrações de experiências de RA tendo em vista mostrar aos peritos o que seria possível criar com as tecnologias disponíveis e despertar a sua imaginação para a criação dos conteúdos para as experiências de RA.

Testes

No começo da realização dos testes ao “AREB e Ferramenta de Visualização” (3.1.1), foi descoberta a impossibilidade de remoção do “ecrã de abertura” de qualquer aplicação desenvolvida e criada com o *Unity*, sem a subscrição de um plano pago mensalmente, o que iria interferir constantemente na interação do utilizador com a aplicação, sempre que iniciava uma experiência de RA.

Apesar de não se dispor de uma licença de *Unity* para produzir a solução final, optou-se por realizar os testes e depois os exemplos de demonstração recorrendo a uma versão gratuita, mesmo com alguma interferência na interação devido a aparecimento do ecrã inicial do *Unity*. Com o *Unity* poderia mais rapidamente criar-se várias demonstrações e perceber junto dos peritos quais as soluções mais interessantes.

Com o “AREB e Ferramenta de Visualização” (3.1.1), foram efetuados testes às quatro técnicas de alinhamento de RA, reconhecimento e rastreamento de marcas e imagens, com sensores de inércia e orientação juntamente com o alinhamento assistido por imagem. Estes testes foram cumpridos com experiências já predefinidas pelo Alexander Fernandes usando apenas a sua página *HTML* e listas de configuração. Mais ainda, recorreu-se à base de dados (BD) alojada nos servidores do DI-FCUL e à ferramenta de visualização para consultar a informação e gerar a experiência. Com cada uma das técnicas, foi possível alinhar os três tipos de conteúdo: texto, imagem e vídeo. Sendo que todos os testes provaram o correto funcionamento de cada uma das funcionalidades.

Em relação ao “EasyAR” (3.1.7), todos os testes foram executados usando o *Unity* como plataforma auxiliar à criação das experiências. E sendo que o “AREB e Ferramenta de Visualização” (3.1.1) funciona através do uso do “EasyAR” (3.1.7), sabia-se que funcionava, apenas faltava testar as suas funcionalidades ao alinhar o tipo de conteúdo ausente no “AREB e Ferramenta de Visualização” (3.1.1), o objeto 3D:

- Testes de reconhecimento e rastreamento de marcas
 - O *EasyAR* reconheceu facilmente a marca do JBT no interior (Figuras 3.5a e 3.5b);
 - Testes executados no Estádio Universitário de Lisboa (EUL), com uma marca pequena (folha A7) e outra grande (folha A4)

- * A7 - Facilmente reconhecida a pequena distância, entre 30cm a 1m (Figura 3.5c);
- * A4 - Facilmente reconhecida a média distância, entre 30cm a 2,5m/3,5m (dependendo da inclinação da marca e luminosidade do ambiente) (Figura 3.5d).

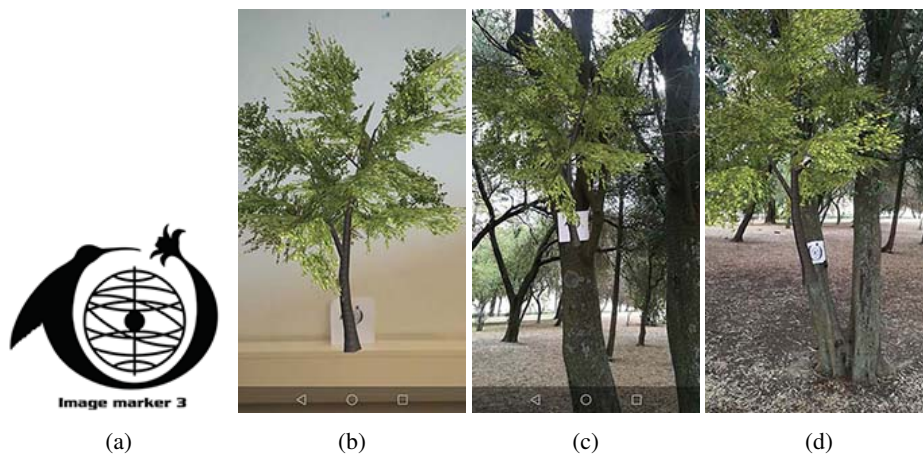


Figura 3.5: Teste de reconhecimento e rastreamento de marcas no interior (a, b) e no exterior (c, d)

- Teste de reconhecimento e rastreamento de imagem
 - O *EasyAR* reconheceu facilmente a imagem de um cartão, renderizando um modelo 3D de uma árvore (Figura 3.6 (a)).



Figura 3.6: Teste de reconhecimento e rastreamento de imagem de um cartão e renderização de um modelo 3D de uma árvore

A respeito do “*DroidAR*” (3.1.9) foram realizados testes às duas técnicas de alinhamento de RA: alinhamento com recurso ao rastreamento da localização do utilizador através do GPS ao alinhar um objeto nas coordenadas de GPS pretendidas; uso dos sensores de inércia e orientação ao colocar um objeto a um

determinado ângulo, no sentido horário, relativamente a Norte, sendo que é isto que os programadores da ferramenta descrevem, apesar de, nos testes, o alinhamento ser relativamente a Sul, no sentido contrário ao dos ponteiros do relógio. Nestas duas técnicas pode ser alinhado qualquer tipo de conteúdo: texto, imagem e objeto 3D. Sendo que, o utilizador pode interagir com o conteúdo alinhado através do toque.

Demonstrações

Concluídos os testes, criaram-se experiências com diferentes tipos de alinhamento: reconhecimento e rastreamento de imagem/marca; alinhamento com os sensores de inércia e orientação do *smartphone*; alinhamento assistido por imagem; Nestas experiências usaram-se vários tipos de conteúdo (texto, imagem e vídeo) para ilustrar o que se poderia usar no JBT.

- Demonstração do reconhecimento e rastreamento de marcas com a ferramenta AREB:
 - Experiência de RA com carvalho na FCUL (Imagem informativa): foi usada uma marca com o antigo logótipo do JBT que, ao ser reconhecida, era coberta com uma imagem com bolotas e o nome da árvore (Figura 3.7). Solução possível para mostrar informação sobre as árvores no JBT.



Figura 3.7: Experiência de reconhecimento e rastreamento de marcas

- Demonstração do reconhecimento e rastreamento de imagens
 - Experiência de RA com azulejo do JBT impresso com a ferramenta AREB: a imagem de um painel de azulejos do JBT foi usada como imagem a reconhecer. Após a sua detecção era coberta com um vídeo previamente produzido num trabalho da disciplina de Animação e Ambientes Virtuais (Figura 3.8);
 - Experiência de RA com estátua da FCUL realizada com *EasyAR* e *Unity*: foram usadas 4 imagens alvo com 4 pontos de vista diferentes da estátua: frente, direita, atrás e de frente (Figura 3.9). Quando o dispositivo móvel apontava para a estátua, esta era reconhecida e mostrada uma caixa de texto (Figura 3.10).

Verificou-se que este reconhecimento era difícil devido à luminosidade e diferentes cores que a periferia da estátua poderá apresentar. O *EasyAR* reconhece todas os lados da estátua, porém a caixa de texto poderá ficar visível apenas por poucos segundos e visivelmente trémula (Figura 3.10).



Figura 3.8: Experiência de reconhecimento e rastreamento de imagens



Figura 3.9: Exemplo de fotografias tiradas ao redor da estátua da FCUL

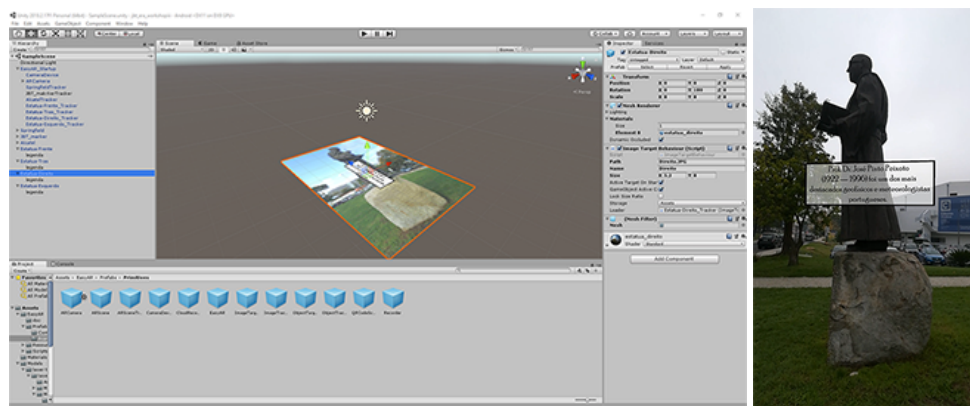


Figura 3.10: Criação e demonstração de experiência de RA com estátua da FCUL recorrendo ao reconhecimento e rastreamento de imagem no *Unity* [126]

- Demonstração do alinhamento com recurso ao giroscópio e bússola do *smartphone* com a ferramenta AREB
 - Experiência de RA com estátua da FCUL: foi indicada como direção alvo 200° em relação a Norte. Quando se aponta nesta direção, é mostrada uma caixa de texto (Figura 3.11).
- Demonstração do alinhamento assistido por imagem com a ferramenta AREB (Figura 3.12)
 - Experiência de RA com carvalho da FCUL (Vídeo lúdico): foi escolhido como alvo, um ícone simples de uma árvore que irá assistir o alinhamento. Quando o ícone aparece na imagem, o utilizador alinha-o com uma árvore real e carrega no botão alinhar. É mostrado um vídeo que



Figura 3.11: Experiência de RA com estátua da FCUL recorrendo ao alinhamento por giroscópio e bússola

foi composto à custa de 3 vídeos com fundo verde. Este fundo verde é tornado transparente e vêem-se pássaros sobre a árvore real (Figura 3.12);

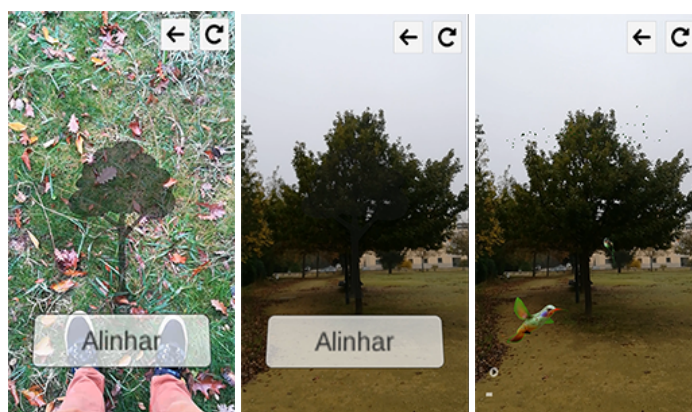


Figura 3.12: Experiência de alinhamento assistido por imagem de pássaros a voar

- Experiências de RA com árvore sem folhas da FCUL (Imagem de árvore com folhas): experiência análoga à anterior, mas agora é mostrada a imagem de uma árvore com 50% de opacidade (Figura 3.13 à esquerda). Será uma forma de mostrar imagens da mesma árvore em épocas diferentes do ano;
- Experiências de RA com carvalho da FCUL (Imagem de árvore em flor): experiência análoga à anterior, com a imagem de uma árvore com flor com 70% de opacidade (Figura 3.13 à direita).

Para saber mais sobre o procedimento de criação destas experiências pode-se ler o apêndice C.

Estas demonstrações foram mostradas num *Workshop* com a presença do Sr. Prof. Pinto Paixão e da restante equipa envolvida em projetos dos jardins da ULisboa, juntamente com os peritos que estavam a desenvolver os conteúdos para a App JBT.

3.4 Sumário

Como foi referido anteriormente, não existia orçamento para aplicar a qualquer ferramenta usada neste projeto. Assim sendo, visto que a ferramenta do Alexander Fernandes depende do motor *Unity* e foi de-

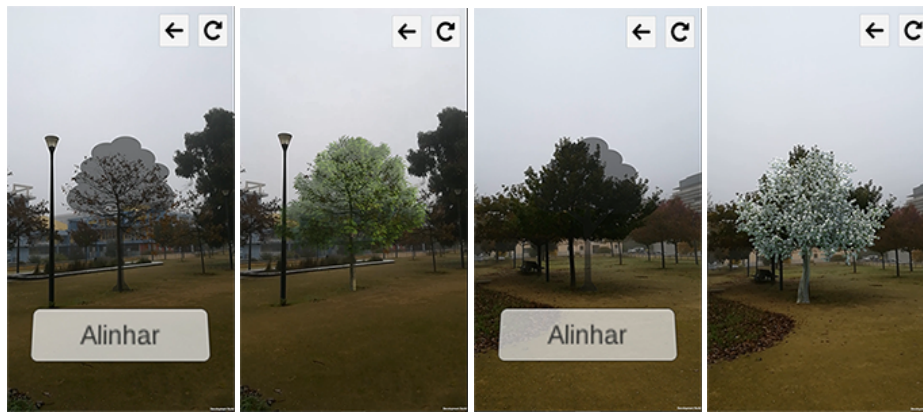


Figura 3.13: Experiência de alinhamento assistido por imagem de árvore com folhas e em flor

envolvida com o SDK “*EasyAR*” (3.1.7), foi decidido usar apenas a versão do “*EasyAR*” (3.1.7) nativo para o sistema operativo *Android*, visto esta ferramenta ter uma licença gratuita e reconhecimento e rastreamento de marcas e imagens, resolvendo as questões: do “Onde” (subsecção 3.3.1), “Azulejos e estatuária” e “Marcas”, podendo reconhecer os azulejos e estatuária, quando não é possível utilizar a componente GPS adequadamente; e do “O quê” (subsecção 3.3.2), podendo renderizar por cima destes azulejos e estatuária conteúdos de texto, imagem, objeto 3D e vídeo.

O “*DroidAR*” (3.1.9) acabou por ser a segunda escolha, complementando o “*EasyAR*” (3.1.7). Resolvendo as questões: do “Onde” (subsecção 3.3.1), “localização”, ao permitir o rastreamento da localização GPS do utilizador e renderização de conteúdos de texto, imagem e objetos 3D em coordenadas GPS específicas; assim como, do “Interior e exterior”, usando os sensores de inércia e orientação para renderizar o mesmo tipo de conteúdo em pontos específicos no espaço em relação ao utilizador, quando não é possível ter um sinal GPS adequado, nem a planos reconhecíveis ou bem iluminados para que as capacidades de reconhecimento do “*EasyAR*” (3.1.7) sejam eficazes.

Capítulo 4

Desenvolvimento da solução

Neste capítulo são descritos os passos tomados na criação e desenvolvimento da solução de *software* para a criação das experiências de RA móvel para o JBT.

Em primeiro lugar, implementou-se cada uma das técnicas de alinhamento de RA necessárias para a criação das experiências, recorrendo às ferramentas escolhidas no capítulo 3.

De seguida, é descrita a criação das experiências de RA acordadas com os peritos de cada percurso para o JBT.

Por último, é exposta a integração na App JBT, desenvolvida pelo *Stefan Postolache*, com contribuição do autor deste documento.

4.1 Implementação das técnicas de alinhamento de RA

Descrevem-se em seguida as técnicas de alinhamento de RA implementadas: reconhecimento e rastreamento de marcas e imagens; alinhamento com recurso a sensores e alinhamento assistido por imagem.

4.1.1 Reconhecimento e rastreamento de marcas e imagens

A técnica de reconhecimento e rastreamento de marcas e imagens permite associar um elemento gráfico a uma marca ou imagem alvo. Ao ser reconhecido o alvo, o elemento virtual será renderizado alinhado com este alvo e estará presente na imagem enquanto o alvo estiver no campo de visão da câmara.

Ao implementar esta técnica com o “*EasyAR*” (3.1.7) em *Android* Nativo, apenas é suportado o vídeo, e não texto, imagem ou objeto 3D (ver tabela 3.2). De modo a contornar este problema, pode criar-se um vídeo com duração de 1 segundo ou menos, com texto ou imagem, colocando-o em *loop* parecendo que o que é renderizado no lugar do alvo é, de facto, um texto ou uma imagem.

Além disso, foi testada a capacidade do “*EasyAR*” (3.1.7) reproduzir um vídeo com fundo transparente, com fundo verde, ou seja, com *Chroma key*. Concluiu-se que apenas funciona se for criado um vídeo com *Alpha Channel*, outra técnica de composição de vídeo, através de um outro vídeo criado em *Chroma key*.

Verificou-se que há um problema de alinhamento do vídeo com o alvo reconhecido, quando a razão de aspeto e dimensão da imagem alvo e do vídeo não são a mesma. Isto acontece porque o “*EasyAR*” (3.1.7) renderiza o vídeo com a dimensão e razão de aspeto exata do alvo reconhecido. É, por isso, necessário ter

em atenção a escolha correta destas características da imagem alvo. A solução foi criar uma imagem alvo com a mesma dimensão e razão de aspeto do vídeo, em que o conteúdo do vídeo se sobreporá ao alvo.

Por fim, foi implementado um contador, por forma a que ao fim de um dado número de vezes de reprodução desejado, a experiência termina e volta ao ecrã anterior.

4.1.2 Alinhamento com recurso a sensores

Uma técnica comum de alinhamento é a utilização de sensores de inércia como o giroscópio e acelerómetro, assim como de localização, o GPS, e de orientação, a bússola.

Verificou-se que o “*DroidAR*” (3.1.9) apenas usava como recurso o giroscópio do dispositivo móvel e não o acelerómetro. Ainda assim, sem acelerómetro, poder-se-ia simular o movimento e aproximação do utilizador de objetos virtuais através do uso do GPS.

Foram criadas e adicionadas funcionalidades e alterações ao projeto *DroidAR* [16]. Foram criadas novas funcionalidades, classes, métodos, opções de personalização e foram corrigidos erros existentes. Mais especificamente:

- Mudança de programa de automação de compilação para o *Gradle*;
- Nova configuração da ferramenta como uma biblioteca para aplicações *Android*;
- Criação de 2 novos métodos de inicialização de temas com 2 cores novas: branco e cinzento;
- Criação de 3 novos métodos de modo a inicializar um tema com uma cor, em hexadecimal, à escolha do utilizador;
- Criação de 4 novos métodos que devolvem um ângulo de rotação: dois para devolver o ângulo em relação a Norte, um deles no sentido horário, outro no sentido contrário; os outros dois em relação a Sul com a mesma lógica dos dois primeiros;
- Criação de um novo método com o objetivo de modificar a rotação de uma malha poligonal de modo a que fique virada de frente para o utilizador;
- Criação de um novo método capaz de alterar o texto do diálogo para o utilizador aguardar que a ferramenta inicie;
- Atualização da classe de gestora de erros obsoleta capaz de fazer com que o utilizador envie um email ao programador com as informações necessárias em caso de erro.

Criaram-se dois tipos de alinhamento, um baseado na localização e outro na orientação relativamente a Norte. Em qualquer um destes tipos de alinhamento, podem ser renderizados conteúdos de texto, imagem e objeto 3D (Tabela 3.2). Todos eles poderão ser renderizados numa orientação escolhida pelo programador ou, caso pretenda, cada um deles poderá ser mostrado de frente para o utilizador. Podem criar-se experiências com o número de conteúdos que for pretendido. A estes conteúdos é-lhes associada a sua altitude e tamanho(altura) em metros no mundo real.

Alinhamento baseado na localização

Na técnica de alinhamento baseada na localização tem-se em atenção a posição do utilizador e a posição onde vai ser colocado o conteúdo virtual. O alinhamento é determinado à custa do giroscópio e do GPS. A este conteúdo é associada uma posição, definida em coordenadas do mundo real pela latitude e longitude.

Na prática, assim que o utilizador inicia a experiência e aponta o dispositivo na direção da coordenada do conteúdo no mundo real, esse conteúdo é renderizado em tempo real com o tamanho proporcional ao definido, tendo em conta a distância do utilizador ao conteúdo, sendo que se o utilizador se distanciar dele o objeto diminui de tamanho, se se aproximar dele este aumenta o seu tamanho, dependendo também da qualidade do sinal GPS e sua atualização.

Para evitar a variação do tamanho do conteúdo digital renderizado à medida que o utilizador se movimenta, o que em alguns casos pode provocar desconforto, desenvolveu-se uma segunda versão desta técnica que fixa o tamanho pretendido do objeto digital independentemente da distância entre ele e o utilizador.

Alinhamento baseado na orientação relativamente a Norte

O alinhamento baseado na orientação relativamente a Norte recorre ao uso de giroscópio e bússola. Nas experiências, com este tipo de alinhamento, os conteúdos virtuais são colocados a um ângulo, em relação a Norte no sentido horário, e a uma distância do utilizador a selecionar pelo programador.

Verificou-se nos testes feitos a este alinhamento que o ângulo deveria ser em relação a Norte mas estava definido em relação a Sul, ademais, deveria ser no sentido dos ponteiros do relógio mas estava definido no sentido contrário. Assim, foi decidido modificar o código fonte do “*DroidAR*” (3.1.9) para criar 4 novos métodos, que o programador poderia posteriormente escolher qual utilizar. Dois seriam para devolver o ângulo de rotação em relação a Norte, um deles no sentido horário, outro no sentido contrário, os outros dois em relação a Sul com a mesma lógica dos dois primeiros.

Assim, em qualquer parte do mundo que o utilizador esteja, os conteúdos digitais irão ser renderizados sempre com a mesma distância do utilizador e ângulo em relação ao ponto cardeal e sentido pretendido pelo programador.

4.1.3 Alinhamento assistido por imagem

Nenhuma das ferramentas estudadas tinha suporte para o alinhamento assistido por imagem (Tabela 3.5). Foram implementadas duas soluções, a primeira permite mostrar texto e imagem, a segunda vídeo e imagem.

Com conteúdo de texto e imagem

Foi criado o primeiro tipo de experiência de alinhamento assistido por imagem com auxílio do giroscópio do dispositivo móvel, através da modificação do código do “*DroidAR*” (3.1.9), visto que o seu código fonte está totalmente disponível na plataforma *GitHub* [16]. Ao contrário do “*EasyAR*” (3.1.7) que, apesar de ter uma licença grátis, não permite modificar o seu código fonte de modo a criar um novo tipo de experiência de RA.

Para isso, foi utilizada uma funcionalidade da ferramenta que permite ao utilizador colocar repetidamente objetos virtuais ao seu redor clicando num botão pré-definido.

Esta nova funcionalidade permite ao utilizador mover, através do movimento do dispositivo móvel captado pelo giroscópio, uma imagem de assistência, com 70% de opacidade, e alinhá-la com o objeto correspondente no mundo real. Assim, ao alinhar e clicar num botão ou na própria imagem de assistência, o objeto virtual correspondente é fixado na posição escolhida. Este objeto poderá ser do tipo texto, imagem ou objeto 3D (Tabela 3.2).

Ainda assim, a imagem de assistência, por predefinição do “*DroidAR*” (3.1.9), não ficava desde o início da experiência, virada para o utilizador, de modo a poder alinhar com o objeto real. Desta forma, o utilizador teria de esperar que a imagem de assistência se virasse por completo para si de modo a fazer o alinhamento correto. Por este motivo, foram realizadas alterações ao código fonte do “*DroidAR*” (3.1.9), de modo a criar um método que fixasse a orientação de qualquer conteúdo, desde o início da experiência, para o utilizador;

Foram exploradas várias alternativas de forma a que o “*DroidAR*” (3.1.9) suportasse a reprodução de vídeo, fazendo variadas modificações ao seu código, assim como o uso de bibliotecas de código aberto. Porém, nenhuma delas com sucesso. Por este motivo, esta solução tem a limitação de apenas poder ser usada para conteúdos de texto e imagem.

Com conteúdo de vídeo e imagem

Visto que a solução anterior não suporta o uso de vídeo, criou-se uma ferramenta baseada nos recursos disponibilizados pelo sistema operativo *Android* e bibliotecas de código aberto desenvolvidas para o próprio sistema.

Esta ferramenta foi criada com auxílio de dois projetos de código aberto:

- um da *Google*, o *CameraView*, que integra as funcionalidades da câmara na aplicação *Android* e permite iniciar facilmente a câmara do dispositivo [64];
- outro que reproduz vídeos, o *Alpha Movie*, que poderão ter um fundo verde, ou outra cor pretendida pelo programador, reconhecido pela biblioteca e tornado transparente, usando a técnica de composição de vídeo *Chroma key*, dependendo da intensidade da cor escolhida [107].

Desta forma, esta ferramenta permite o alinhamento de uma imagem semitransparente, a imagem de assistência, com o objeto real que lhe corresponde e apresenta um botão, que sugere o toque, para iniciar a reprodução do vídeo ou apresentar uma imagem. Ao clicar no botão, o vídeo é reproduzido o número de vezes pretendido ou em *loop*.

Para que o utilizador seja capaz de alinhar a imagem de assistência com o objeto real eficazmente, a imagem terá de estar centrada no ecrã. O vídeo ou imagem terão de estar também centrados e com as mesmas dimensões da imagem de assistência.

Para permitir um melhor aproveitamento da área do ecrã, foi criada a funcionalidade de mudança dinâmica da orientação do ecrã do dispositivo conforme a orientação da imagem de assistência e do vídeo ou imagem, horizontal ou vertical. Esta funcionalidade foi conseguida fazendo com que no início da experiência, fosse verificado se a altura(a) da imagem de assistência fosse maior que a sua largura(l), a

orientação da experiência não mudaria e ficaria na vertical, *portrait* em *Android*. Caso a l fosse maior que a a , a orientação do ecrã da aplicação mudaria para horizontal, *landscape* em *Android*.

Assim, foram testados 3 métodos para centrar a imagem de assistência e respetivo vídeo ou imagem.

Utilizando um tamanho padrão, tanto para a imagem de assistência como para o vídeo ou imagem: este método iria acabar por provocar um desaproveitamento do ecrã nos dispositivos com ecrãs maiores e um subaproveitamento nos ecrãs de menores dimensões.

Utilizando o *ConstraintLayout* do *Android*, o *layout* recomendado pelo *Android* para que todos os componentes da interface *Android* se adaptem a qualquer tipo e dimensão de ecrã dos dispositivos móveis: para que funcionasse teria de ser definida uma margem em XML, previamente, sem que pudesse ser definida dinamicamente; isto, leva a que a experiência esteja dependente da resolução e tamanho original tanto da imagem de assistência como do vídeo ou imagem, visto que o *layout* se ajusta às suas dimensões, tendo em conta a margem predefinida; além de que, a imagem de assistência e vídeo poderiam ficar com os tamanhos diferentes, caso não tivessem as mesmas dimensões e resoluções.

Utilizando uma margem, em *dp* (pixeis independentes da densidade), definida dinamicamente por um valor escolhido pelo programador que permite, independentemente do tamanho do ecrã ou da sua densidade, fazer com que um elemento na IU (interface do utilizador), por exemplo um botão, tenha o tamanho pretendido em todo e qualquer equipamento: para ver em detalhe o funcionamento do algoritmo ver apêndice B.

Foi escolhido este último método descrito, o de centrar dando como *input* uma margem, em *dp*, para a imagem e vídeo, ajustando-se assim, a imagem de assistência e vídeo ou imagem a cada dispositivo móvel de diferentes tamanhos e resoluções de ecrã, aproveitando ao máximo todo o seu espaço disponível, deixando em todos exatamente a mesma margem.

Adicionou-se a funcionalidade de, assim que o vídeo chegasse ao fim, ou depois de ser reproduzido um número de vezes, parasse, e o utilizador pudesse reiniciar a experiência, alinhando novamente a imagem para recomençar o vídeo.

4.1.4 Interface do utilizador nas técnicas de alinhamento

Com base e inspiração na pesquisa de aplicações realizada no capítulo 2, foi possível discutir soluções para criação da interface do utilizador na interação com as diferentes técnicas de alinhamento de RA. Estas componentes de interface facilitam e ajudam o utilizador no uso da técnica de RA. Para este efeito foram criadas caixas de texto informativas e diálogos de instruções.

Reutilizando código desenvolvido para a técnica de alinhamento assistido por imagem, criaram-se métodos para a colocação de caixas de texto informativas na interface de qualquer tipo de experiência. Estas caixas de texto podem ser colocadas em qualquer posição do ecrã, de modo a explicar como o utilizador deve proceder para realizar as experiências ou apenas informar sobre algo na experiência.

Para estes diálogos foram testadas duas soluções:

- uma baseada numa biblioteca de código aberto escrita em *Kotlin*, uma linguagem de programação criada pela *Google* otimizada para a programação em *Android*, o *FancyDialog* [58];

- outra, inspirada na anterior, utilizando apenas ferramentas disponibilizadas pelo sistema operativo *Android*.

Escolheu-se a segunda solução, pois permite ter um maior controlo e personalização sobre a informação que pode conter. Neste diálogo é possível colocar uma imagem ou ícone, um título, uma descrição e ainda dois botões. Desta forma, após o início das experiências de RA, o utilizador poderá ler as instruções no diálogo com a ajuda de uma imagem explicativa e interagir com ele através dos botões, o botão da direita de resposta positiva, o da esquerda de resposta negativa.

Qualquer uma destas componentes da interface foi desenhada a partir do *design* criado pelo *designer* da Reitoria da ULisboa, Tiago Ribeiro, para qualquer caixa de texto informativa a usar nas experiências de RA.

4.1.5 Sumário

Foram implementadas 3 técnicas de alinhamento:

- Reconhecimento e rastreamento de marcas e imagens, podendo ser renderizados conteúdos de vídeo por cima das mesmas, sem e com transparência, através da técnica de composição de vídeo *Alpha Channel*;
- Alinhamento com recurso a sensores, podendo ser renderizados conteúdos de texto, imagem e objeto 3D, cada um com uma orientação e um tamanho(altura) associados, com duas variantes:
 - uma baseada na localização, a cada conteúdo é associada uma posição, definida em coordenadas do mundo real pela latitude e longitude;
 - outra baseada na orientação relativamente a Norte, cada conteúdo é colocado a um ângulo, em relação a Norte no sentido horário, e a uma distância do utilizador.
- Alinhamento assistido por imagem, com duas variantes:
 - uma com conteúdo de texto e imagem, permite ao utilizador colocar estes conteúdos na posição correta, com o auxílio da imagem de assistência;
 - outra com conteúdo de vídeo e imagem, permite ao utilizador reproduzir um vídeo, com e sem fundo verde, ou apresentar uma imagem na posição correta, ao sobrepor o alvo com a imagem de assistência.

Para complementar as técnicas implementadas foram criadas 2 importantes componentes da interface do utilizador: caixas de texto informativas, com o objetivo de guiar o utilizador no modo de utilização da experiência ou simplesmente para o informar de algo mais; diálogos de instruções, essenciais na chamada de atenção e explicação do procedimento do tipo e técnica de alinhamento de cada uma das experiências ao utilizador.

4.2 Criação das experiências de RA e multimédia

A App JBT proporciona quatro percursos temáticos: “Árvores a não perder”, onde se identificam as árvores mais emblemáticas do Jardim; “Jardim com História”, em que o visitante é convidado a conhecer as várias épocas históricas representadas no Jardim, que remonta ao século XVII; “Aves”, que permite conhecer as espécies de aves mais comuns no Jardim; e “Sensores da Natureza”, onde o público pode conhecer a diversidade natural que este espaço tem para oferecer.

Atendendo às características de cada percurso decidiu-se em coordenação com os peritos, que desenvolveram os conteúdos, quais as experiências centrais para cada percurso.

No percurso “Árvores a não perder” criar-se-ia para um conjunto de árvores uma sucessão de imagens que mostrariam a evolução da árvore ao longo do ano.

No percurso “Jardim com história” usar-se-iam os azulejos do Jardim para desencadear o início de vídeos lúdicos inspirados nesses azulejos.

No percurso das “Aves” criar-se-iam experiências com imagens virtuais das aves e que, através do toque, emitiriam o respetivo som.

Escolheram-se ainda PoI aos quais se associariam vídeos alusivos ao local, por exemplo, o processamento do grãos de café, ou o passeio de um esquilo.

Durante a implementação das várias técnicas de alinhamento de RA, foi possível, através de sucessivas reuniões com os peritos de cada percurso (“Árvores a não perder”, “Jardim com história” e “Aves”), discutir ideias e definir conteúdos para iniciar a criação das experiências de RA para os vários PoI do JBT. Teve-se em consideração que temos disponíveis 3 técnicas de alinhamento de RA e que é possível optar por vários tipos de conteúdo multimédia, texto, imagem, objetos 3D, som e vídeo, com opção de fundo verde, de modo a unir, de forma mais eficaz, as experiências com a realidade.

Para a criação de alguns conteúdos em vídeo, foram propostos temas para projetos de avaliação de uma disciplina de 2º ciclo do DI-FCUL, Animação e Ambientes Virtuais (AAV). Como nesta altura o Jardim estava fechado ao público, foi necessário tirar diversas fotografias e gravar vídeos de potenciais locais, azulejos e ladrilhos do JBT, com o fim de os alunos trabalharem a partir deles. Os vídeos teriam de ser preferencialmente criados com o auxílio da plataforma *Blender*, com o objetivo de os alunos utilizarem os recursos tridimensionais da ferramenta. Os vídeos deveriam ter duas versões, com e sem fundo verde, com o fim de se poder escolher, na altura da criação da experiência, a melhor opção para a experiência a criar.

Os vídeos criados pelos alunos foram posteriormente sujeitos a uma redução da sua resolução e a uma compressão, através do *Kdenlive*, uma ferramenta de edição de vídeo de código aberto [77]. O objetivo foi reduzir o seu tamanho, sem comprometer a qualidade, de modo a não sobrecarregar os dispositivos dos utilizadores.

Para facilitar a apresentação das experiências, estas serão descritas e organizadas pela técnica de alinhamento que é usada.

4.2.1 Experiências de reconhecimento e rastreamento de marcas e imagens

Na criação das experiências de reconhecimento e rastreamento de marcas e imagens, se o alvo a ser reconhecido não for das mesmas dimensões do vídeo das experiências, o conteúdo do vídeo não irá alinhar

corretamente com o alvo reconhecido através da câmara do dispositivo. Assim, a solução é criar a imagem alvo com a mesma dimensão do vídeo, em que o conteúdo do vídeo se sobreporá ao alvo.

Verificou-se posteriormente, durante os testes com utilizadores, que se deveria acrescentar uma componente de IU nova neste tipo de experiência de RA, de modo a mostrar que ainda não tinha sido detetada a imagem alvo (ver sub-subsecção 5.3.5).

Foram criadas duas experiências com este tipo de alinhamento, uma com vídeo sem fundo verde e outra em que o vídeo foi criado com este fundo.

Conteúdo de vídeo sem fundo verde (Painel do Palácio da Calheta)

A experiência com um vídeo gerado sem fundo verde foi criada na fase inicial de exploração da técnica de alinhamento com reconhecimento e rastreamento de imagens. Essa experiência está associada ao azulejo azul e branco do Palácio dos Condes da Calheta, tendo como alvo, o azulejo (Figura 4.1 (esquerda)) e como conteúdo, o vídeo criado por alunos da cadeira de AAV no ano letivo anterior (Figura 4.1 (direita)).



Figura 4.1: Azulejo do Palácio dos Condes da Calheta (esquerda) e vídeo a ser renderizado por cima do azulejo (direita)

Assim, para a criar, visto que o alvo não corresponde às dimensões do vídeo, como se pode ver na figura 4.1, teve de se redimensionar e fazer corresponder a imagem do azulejo (alvo) ao azulejo gravado no vídeo (conteúdo do vídeo). Para isto acontecer, foi feita uma captura de ecrã a um frame do vídeo e, através do *GIMP* [59], ao colocar a imagem do azulejo por cima da captura de ecrã, foi feita essa correspondência e redimensionamento (Figura 4.2).

Para criar a imagem alvo a ser reconhecida e rastreada, a captura de ecrã do vídeo foi tornada invisível com o objetivo de apenas exportar para PNG o azulejo (alvo) (Figura 4.3 (esquerda)). Ficando assim, a imagem alvo da experiência de RA, com as mesmas dimensões do vídeo a ser renderizado com exatamente a mesma dimensão e razão de aspeto da imagem alvo. Permitindo, agora, que o conteúdo do vídeo fique alinhado corretamente com o azulejo capturado através da câmara do dispositivo móvel. Sendo o resultado final o que se pode ver na figura 4.3 (direita).

Conteúdo de vídeo com fundo verde (Painel da Árvore)

A um dos painéis de azulejos localizado junto ao lago das serpentes (Figura 4.4(esquerda)) foi associado um vídeo criado com fundo verde. Este vídeo foi desenvolvido por alunos de AAV de 18/19 que, a partir de fotografias deste azulejo, usaram os desenhos em 2D pintados no azulejo para lhes dar vida, animando-os

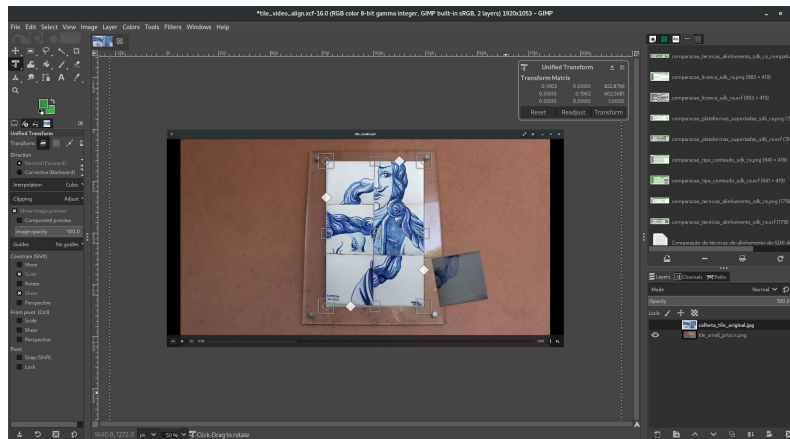


Figura 4.2: Redimensionamento e correspondência do azulejo ao azulejo gravado no vídeo

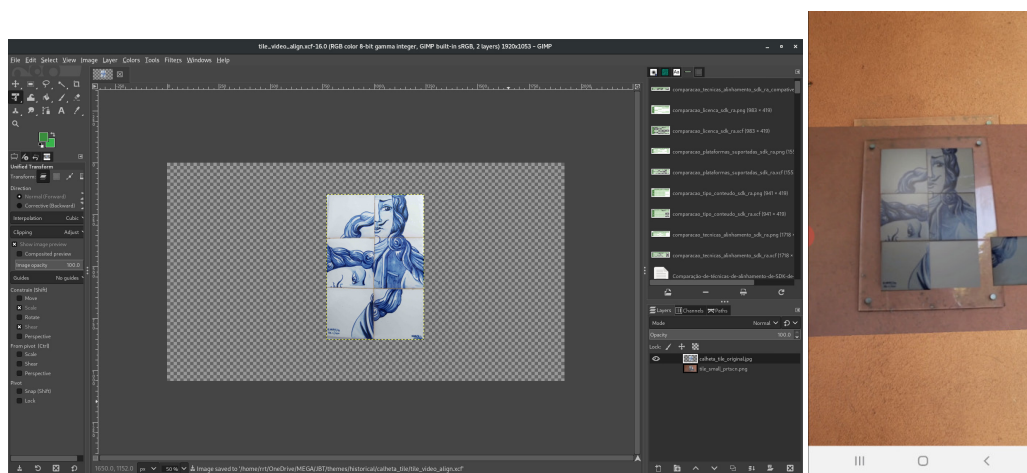


Figura 4.3: Criação da imagem alvo (à esquerda) e resultado da experiência de reconhecimento e rastreamento do azulejo do Palácio dos Condes da Calheta (à direita)

e reproduzindo sons associados, assim como o movimento das folhas da árvore com o vento (Figura 4.4 (direita)).

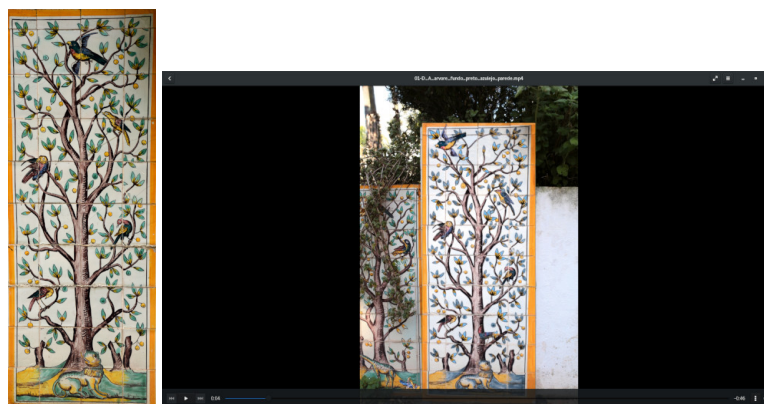


Figura 4.4: Azulejo de árvore no lago das serpentes (esquerda) e vídeo a ser renderizado por cima do azulejo (direita)

Ainda, antes de fazer qualquer tipo de edição aos conteúdos de vídeo ou alinhamento da imagem alvo com o conteúdo, foi testada a capacidade de reconhecimento e rastreamento desta solução no JBT. Verificou-se que o painel de azulejos era facilmente reconhecido como marca.

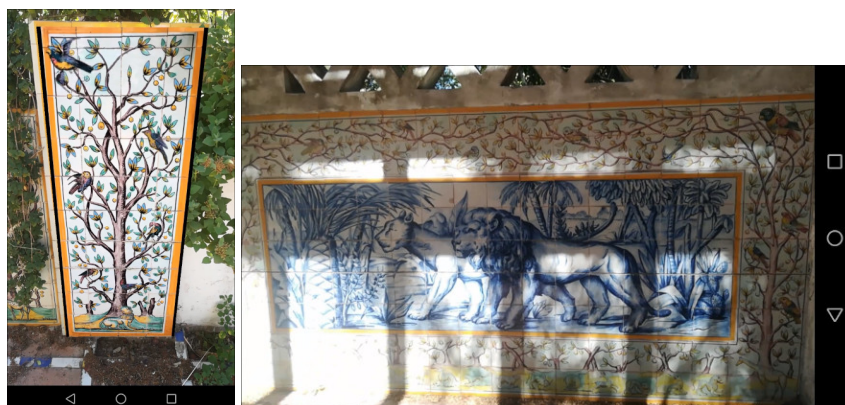


Figura 4.5: Testes de reconhecimento e rastreamento no JBT

Também neste caso foi necessário executar a mesma correção do alinhamento e redimensionamento, feitos com a experiência acima descrita da imagem do azulejo para criar a imagem alvo a ser reconhecida.

De seguida, como o vídeo foi pedido com uma versão sem e outra com fundo verde, foi aproveitado o seu fundo para tentativa de o tornar transparente quando reconhecido e rastreado pela ferramenta de RA, através da técnica de *Alpha Channel*, criando um *Alpha Video*.

Deste modo, usando o *software* de edição de vídeo, *Kdenlive*, foram seguidos dois guias para a conversão do vídeo em *Alpha Video*, [76] e [50], de modo a que o “*EasyAR*” (3.1.7) consiga tornar o fundo do vídeo invisível. Os pormenores da criação deste tipo de vídeo estão no apêndice D.

Sendo o resultado final o que se pode ver na figura 4.6. Onde se pode ver uma das aves já fora do azulejo, na lateral esquerda da figura, assim como folhas e frutos a dançar com o vento, uma outras aves que apenas testam as suas asas pousadas nos ramos, um gafanhoto no canto inferior direito do azulejo, assim como borboletas e outros insetos, que ainda não apareceram no frame desse vídeo, a esvoaçar dentro e fora do azulejo.

Diálogos de instruções

Os diálogos criados para este tipo de experiência são uma sequência de no máximo 3 diálogos:

1. Caso o vídeo contiver áudio para ser ouvido, o utilizador é alertado de que deve aumentar o volume multimédia do seu dispositivo móvel (Figura 4.7). O ícone usado neste diálogo foi criado pelo *designer* Tiago Ribeiro;
2. É pedido ao utilizador que procure à sua volta a imagem alvo apresentada no diálogo (Figura 4.8);
3. O utilizador é informado de que deve apontar a câmara para a imagem alvo a ser reconhecida (Figura 4.9).

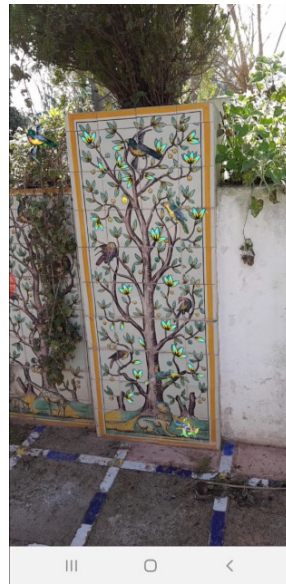


Figura 4.6: Resultado da criação da experiência de reconhecimento e rastreamento do azulejo da árvore do lago das serpentes



Figura 4.7: Diálogo de aumento do volume multimédia



Figura 4.8: Diálogos de procura da imagem alvo

4.2.2 Experiências de alinhamento com recurso a sensores

O alinhamento com recurso a sensores foi usado para implementar experiências de RA para o percurso das aves. A ideia para esta experiência seria usar imagens de aves, de modo a que o utilizador pudesse ter uma

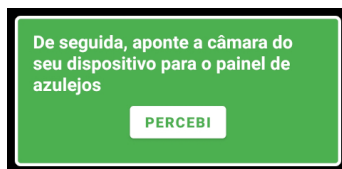


Figura 4.9: Diálogo de instrução do tipo de experiência de reconhecimento e rastreamento de marcas e imagens

noção do seu tamanho o seu tamanho aproximado na realidade, forma, cores e localização habitual no JBT. Assim, o visitante e utilizador poderia facilmente identificar uma no mundo real, no Jardim, caso visse uma ave perto dessa localização.

Para além disso, outra forma de que um visitante pudesse identificar a presença de uma das aves da experiência de RA seria através do seu chilrear. Assim sendo, o utilizador poderia escutar o canto de cada ave tocando na respetiva imagem presente no ecrã do seu dispositivo móvel.

Também importante, seria o visitante ficar a saber, para além do seu aspeto, forma e canção, o seu nome. Tendo sido decidido que, acompanhado da imagem, teria de estar também uma legenda para identificar a respetiva ave.

Por fim, lembrando o popular jogo e *anime Pokémon*, decidiu-se, que deveria existir uma caixa informativa que iria manter o utilizador ao corrente do número de aves já clicadas, tendo em conta o seu número máximo.

Foram criadas 6 experiências para os 6 PoI do percurso das aves.

Concretização da experiência

Para acomodar a associação do som do canto da ave à sua imagem foi criado um gestor de conteúdos que, ao receber todas as imagens a serem inseridas numa dada posição no espaço associa a cada uma delas um conteúdo de áudio. Cada conteúdo de áudio é reproduzido através de um *MediaPlayer* do *Android*, quando o utilizador clica na respetiva ave. Durante a sua reprodução, o utilizador pode clicar novamente na mesma ave que não será reproduzido novamente o mesmo som. Apenas no fim da reprodução do conteúdo de áudio, ao clicar na mesma ave, irá ser reproduzido novamente. Ainda que, com o objetivo de dar a sensação da presença de um grande número de aves à volta do utilizador, tal como acontece no próprio Jardim, é permitido que, ao clique do utilizador em diversas aves, mesmo durante a reprodução de um conteúdo de áudio, outro ou outros sejam reproduzidos em simultâneo. Caso o utilizador saia da experiência antes de todos os *MediaPlayer* de áudio terminarem a sua reprodução, o gestor termina um a um para que, mesmo já fora da experiência de RA, nenhum continue a ser reproduzido nem haja fugas de memória.

Em relação às legendas associadas a cada imagem de uma ave, foi decidido que cada legenda seria criada no momento de edição da fotografia de cada ave.

Por fim, de forma a manter o utilizador informado do número de aves descobertas e que ainda tem para descobrir, foram usadas as caixas de texto informativas (Secção 4.1.4), tendo em vista a criação de um contador. Assim, este contador, presente numa caixa de texto informativa na interface da experiência de RA, estaria permanentemente ao corrente do número de imagens existentes na experiência e do número de imagens clicadas pelo utilizador. Mantendo, assim, o utilizador sempre atualizado.

Conteúdo de imagem

As fotografias de 36 aves (exemplos na figura 4.10), fornecidas pelo perito César Garcia e por dois colegas seus, José Freitas e Ricardo Martins, foram essenciais para a criação das experiências das aves. Essas fotografias tiveram de ser sujeitas a edições com o *software* de edição de imagem *GIMP*, de modo a serem usadas para as experiências das aves a criar.



Figura 4.10: Exemplos de fotografias de aves fornecidas, Chapim-azul (esquerda) e Garça Real (direita)

Assim, o primeiro passo a tomar para cada uma delas foi recortar à volta de cada ave, se fosse possível sem qualquer ramo ou tronco, de modo a que o fundo fosse removido da fotografia. Nos casos em que não foi possível, foram recortadas juntamente com parte do ramo ou tronco. Após o recorte, a fotografia foi cortada até a ave preencher totalmente a imagem, como se pode ver em ambos os exemplos na figura 4.11, e de seguida exportada como PNG.



Figura 4.11: Exemplos de imagens das aves editadas

Tendo as imagens de cada ave prontas, seguiu-se a criação das suas respetivas legendas com o seu nome comum. Estas legendas foram criadas a partir do *design* criado pelo Tiago Ribeiro. Para a sua criação, foi necessário experimentar colocar o nome mais longo das aves, de maneira, a que a partir desse tamanho, todos os nomes restantes caberiam. Assim, foi criada a primeira legenda para a ave com o nome mais longo, no *GIMP*. A partir dessa, foram criadas todas as outras legendas com o nome de cada ave. Pode-se ver os exemplos do Chapim-azul e da Garça Real, exportadas como PNG, na figura 4.12.

Deste modo, apenas resta juntar as duas componentes editadas, a legenda e a imagem da ave, numa imagem final a ser usada na experiência de RA. Mas esta união não poderia ser feita apenas juntando as duas imagens e exportando como PNG.



Figura 4.12: Exemplos de legendas das aves

Primeiro, a imagem da ave teria de ser redimensionada com o fim de ficar o mais próximo do seu tamanho real em relação a todas as outras imagens das aves. Para isso, foi encontrada a ave de maior tamanho, a Garça Real que poderia ter entre 70 cm a 1 m. Feito isto, foram-lhe associadas as dimensões ideais em relação à legenda, cerca de 990 pixels de altura. Assim, para qualquer outra ave, bastaria saber a sua dimensão real que ficava-se a saber, através da regra de três simples, a sua dimensão em pixels. Assim, tendo o Chapim-azul, aproximadamente, até 12 cm de comprimento, sendo que se encontra em cima de um tronco que é, aproximadamente, o dobro do seu tamanho, basta multiplicar os 24 cm da imagem da ave com os 990 pixels a dividir pelos 70 cm da maior ave. Ficando assim, a imagem do Chapim-azul com uma altura ideal de 340 pixels.

Segundo, esta imagem final teria de ter o mesmo tamanho para todas as imagens das aves a serem inseridas nas várias experiências de RA das aves. Se não tivesse, apareceriam na experiência com a diferença de tamanhos distinta do pretendido. Entenda-se: a ave menor, na experiência, poderia parecer bem maior do que o que é na realidade em comparação com outra maior, como se pode verificar na figura 4.13. Em que se pode ver, para além das aves, o tamanho das legendas, que se pretendia ficar do mesmo tamanho.

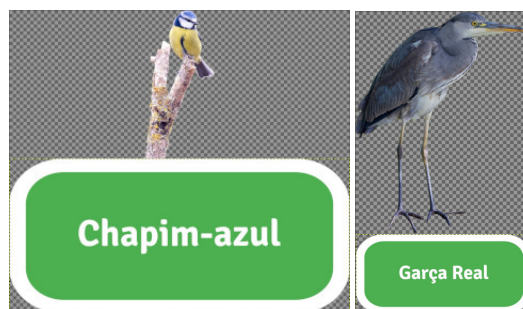


Figura 4.13: Maus exemplos de imagens finais das aves

Isto acontece pois a ferramenta utilizada, o “DroidAR” (3.1.9), coloca os conteúdos todos com a mesma altura, tal como na figura 4.13, desta forma, os objetos com a menor largura apareceriam mais pequenos em relação a um objeto com largura maior. Por conseguinte, foi decidido que todas as imagens das experiências das aves teriam a altura da ave mais alta, que por acaso é a Garça Real, e a largura da imagem da ave mais larga. Sendo que, assim todas as restantes aves encaixariam dentro desse mesmo tamanho de imagem, como podemos ver nos exemplos da figura 4.14.

Sendo o resultado final, o da figura 4.15, o as imagens já exportadas como imagens PNG.

Conteúdo de áudio

Visto que nenhum dos peritos tinha gravações do cantar de cada ave, foi realizada uma pesquisa de gravações de licença livre para as 36 aves. Apesar da pesquisa feita, apenas as gravações para 3 aves foram escolhidas pelos peritos como aceitáveis para seu uso na experiência de RA. Estas 3 gravações foram distribuídas pelo

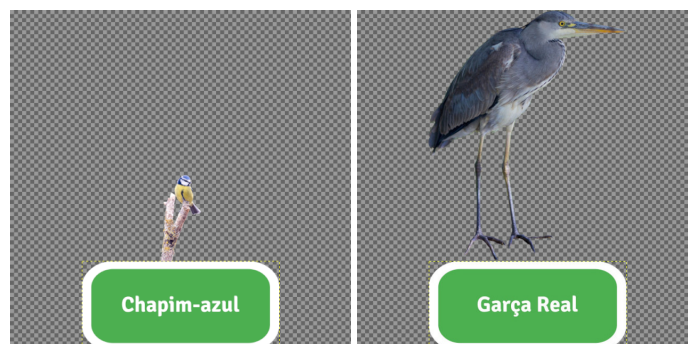


Figura 4.14: Bons exemplos de imagens finais das aves



Figura 4.15: Exemplos de imagens finais das aves exportadas em PNG

Freesound [49], uma BD colaborativa de gravações de licença livre. Duas dessas, foram gravadas pelo utilizador *YleArkisto* e a restante pelo *ginerantonil*.

Das restantes 33 aves, foi realizada uma nova pesquisa por gravações mediante licença de uso não comercial.

Destas 33 aves, uma gravação para uma delas foi escolhida pelos peritos, gravada por *Niels Krabbe* e disponibilizada pela *Macaulay Library*, o principal arquivo científico do mundo em áudio, vídeo e fotografias de história natural. Embora a história da *Macaulay Library* seja enraizada nas aves, a coleção inclui anfíbios, peixes e mamíferos, e a coleção preserva registos do comportamento e da história natural de cada espécie [84]. Para esta gravação em particular foi feito um pedido formal à *Macaulay Library*, em que foi explicado que a gravação seria usada numa aplicação não comercial, reconhecida e citada numa página da aplicação, para uma tese de mestrado, em que nenhum dos utilizadores poderia transferir ou fazer uso da gravação para outros fins, apenas a poderia reproduzir e ouvir. Tendo esta biblioteca disponibilizado o ficheiro de áudio para uso na aplicação.

Para as outras 32 aves, foram descobertas gravações no *xeno-canto*, um sítio da Internet dedicado à partilha de gravações de aves de todo o mundo [142]. Cientistas, investigadores, observadores de aves ou simplesmente curiosos sobre um canto que ouviu pela janela da cozinha, partilham gravações do canto de aves de todo o mundo [142]. Das gravações descobertas foram escolhidas as ideais para as 32 aves restantes. Sendo estes os seus autores: *Jordi Calvet* com 19 contribuições; *Mathias Ritschard* com 3; *Joost van Bruggen*, *Juan A. Malo de Molina*, *Matthias Feuersenger* com 2; e *Bernabé López-Lanús*, *Brancolas*, *Marie-Lan Tajj Pamart*, *Niels Krabbe*, *Stein Ø. Nilsen* com 1. A cada um destes autores, foi enviado

um pedido por correio eletrónico com a mesma explicação escrita para a *Macaulay Library*. Todos eles aceitaram as condições e permitiram o seu uso na aplicação.

Após a obtenção de todas gravações do canto das 36 aves, foi aconselhado pelos peritos a cortar a sua duração para que cada uma delas tivesse no máximo 20 segundos. Assim, com a utilização do *software* de edição de conteúdo de áudio *Audacity* [14], cada gravação foi cortada nos momentos finais e/ou iniciais em que não existia qualquer som da ave a ser captado. Se, ainda assim, não chegasse para ficar com menos de 20 segundos, foram cortados os piores momentos de gravação do canto da ave, de modo a ficar apenas aqueles mais perceptíveis e cativantes para o utilizador.

Para além disso, devido à existência do som outras aves em algumas gravações, foram cortadas as partes em que existia cantos de outras aves difíceis de abafar. Ademais, o barulho de fundo existente nas várias gravações foi abafado com a aplicação de um efeito de redução de barulho de fundo de entre uma a três vezes no mesmo ficheiro, dependendo da intensidade do barulho.

Adicionalmente, para as gravações com picos de decibéis acima de -6, foi criado um limite para esse valor, o valor aconselhado pelo programa *Audacity*. Em relação às gravações sem nenhum pico que chegasse aos -6 decibéis, foi adicionada uma amplificação da faixa de áudio para um novo pico de amplitude de -6 decibéis. Deste modo, todas as gravações ficariam aproximadamente com os mesmos níveis de volume e amplitude de decibéis.

Por fim, aqueles ficheiros de áudio de cada gravação das aves que fosse de um tipo diferente de MP3, foi modificado para MP3, desta forma o ficheiro ficaria consideravelmente mais pequeno, o que era uma mais valia para o armazenamento do dispositivo de cada utilizador, assim como, para a compatibilidade que este formato oferece com todos os dispositivos dos dias de hoje.

Alinhamento baseado na localização

Criados todos os conteúdos a usar nas experiências das aves, foi testada a criação de uma experiência das aves de modo a perceber o que aconteceria se posicionasse cada ave na sua localização habitual no Jardim, com as respetivas coordenadas GPS.

Foi testada no PoI do JBT, onde é suposto o utilizador iniciar a experiência, e ainda a cerca de 50 m do PoI.

No teste no local do PoI do percurso das aves, foi desde logo notado que algumas aves sobrepunham-se a outras, como se pode verificar na figura 4.16. Podendo, com as atualizações da posição GPS, ficar ainda mais sobrepostas.

No teste a cerca de 50 m do PoI do percurso das aves, na figura 4.16 (última imagem da direita), consegue perceber-se que a situação é muito pior, ficando, em vez de duas aves sobrepostas, como nos testes anteriores, a maioria das aves sobrepostas, neste caso no mínimo quatro. Confirmando que quanto mais longe o utilizador se situa do PoI pior a experiência se torna de interagir e perceber de que aves se tratam.

Posto isto, foi decidido abandonar a criação destas experiências das aves com este tipo de alinhamento.

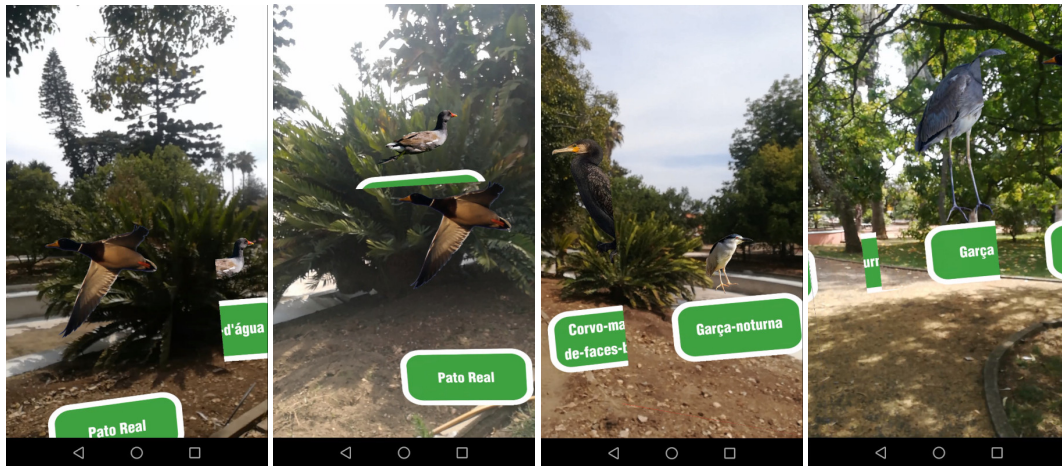


Figura 4.16: Exemplos de testes das experiências de RA das aves com alinhamento por GPS

Alinhamento baseado na orientação relativamente a Norte

Em cada área de interesse, as aves foram colocadas na relva, árvores, céu ou lago, de acordo com o seu local habitual no Jardim, referido e confirmado pelos peritos do percurso das aves. A posição de cada uma delas foi definida de modo a indicar o ângulo entre a direção para onde aponta o dispositivo e a direção Norte sendo que cada ave não deveria de ter menos de 10° de diferença entre as aves mais próximas, para que não se sobrepussem. E a sua altura foi alterada conforme fosse habitual estar no chão, nas árvores ou a voar.

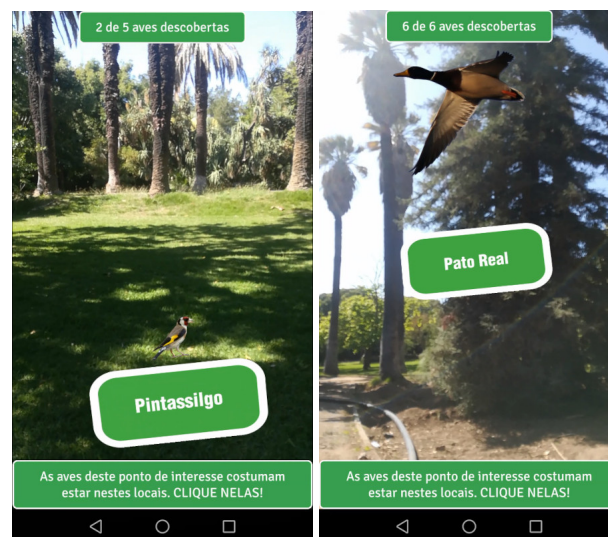


Figura 4.17: Exemplos de experiências de RA das aves

Sendo o resultado, o que se pode ver na figura 4.17. Onde se pode ver mais dois exemplos de aves, o Pintassilgo e o Pato Real, com as respetivas legendas.

Assim, podemos verificar que nenhuma das aves se sobrepõe, independentemente da localização do utilizador, visto que esta experiência apenas depende do giroscópio e bússola do dispositivo móvel. Podendo o utilizador usufruir desta experiência mesmo que não esteja exatamente no PoI indicado.

Além do mais, pode-se verificar a existência de duas caixas de texto informativo (figura 4.17):



Figura 4.18: Exemplos de experiência após o utilizador descobrir todas as aves

- uma no fundo da experiência, que explica ao utilizador o que fazer nesta experiência de RA;
- outra no topo da experiência, o contador criado a partir de uma caixa de texto informativa, que informa o utilizador quantas aves já descobriu e ainda faltam descobrir.

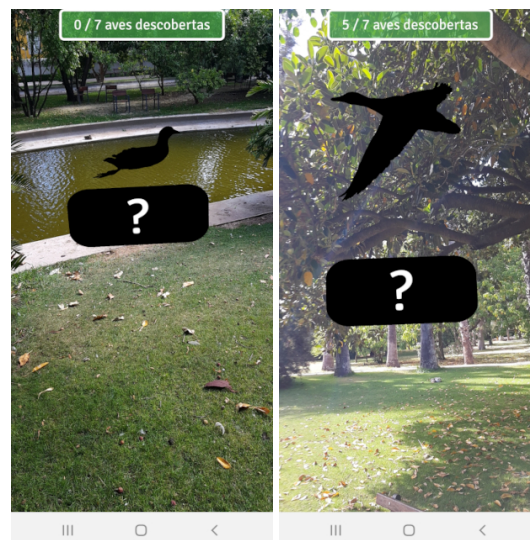


Figura 4.19: Exemplos de silhuetas de aves

No entanto, depois dos testes e demonstrações descritos no capítulo 5, foi decidido criar uma mensagem de sucesso que aparece na caixa de texto informativo após o contador chegar ao número máximo, ou seja, assim que o utilizador clicar em todas as aves (Figura 4.18). Esta funcionalidade teve inspiração na aplicação *Plants with Bite* do capítulo 2.

Além disso, depois dos mesmos testes e demonstrações, foi decidido que seria uma mais valia para a experiência, todas as imagens das aves começassem como silhuetas com um ponto de interrogação no centro da legenda, para que o utilizador tenha o incentivo de as descobrir clicando nas imagens (Figura 4.19).

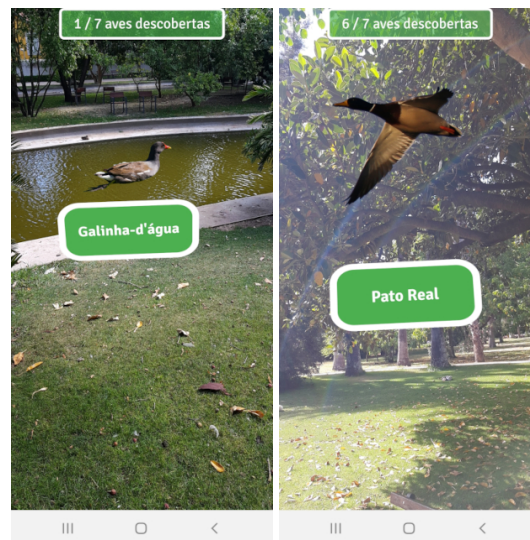


Figura 4.20: Exemplos de imagens de aves após o utilizador tocar na sua silhueta

Após o clique, aparece a nova imagem, já a cores, com a legenda, iniciando a reprodução do seu som associado (Figuras 4.20).

Foi decidido, além demais, que se deveria retirar a caixa de texto informativa (figura 4.17) em que se explicava que as aves costumavam estar nos locais onde aparecem as imagens da aplicação e para clicar nas mesmas (Figuras 4.18, 4.19 e 4.20). Esta caixa retiraria espaço útil ao utilizador, principalmente aqueles com dispositivos de ecrã de tamanho reduzido.

Por fim, a opacidade da caixa informativa do contador de aves descobertas foi alterada para 70%, desta forma iria dar a aparência de haver mais espaço no ecrã para procurar as aves, e até uma maior imersão na experiência, não podendo ser retirada essa caixa (Figuras 4.18, 4.19 e 4.20). O mesmo foi feito para todos os outros tipos de experiências com caixas de texto informativas.

Diálogos de instruções

Os diálogos criados para este tipo de experiência são uma sequência de 2 a 3 diálogos:

1. Visto que o conteúdo usado nas experiências contem áudio para ser ouvido, o utilizador é alertado de que deve aumentar o volume multimédia do seu dispositivo móvel (Figura 4.7);
2. É pedido ao utilizador que procure com o seu dispositivo as imagens das aves e que interaja com as mesmas (Figura 4.21 (esquerda));
3. Caso o utilizador não perceba o que é para fazer na experiência de RA e clique no botão de ajuda, aparecerá um diálogo a explicar ao pormenor a experiência (Figura 4.21 (direita)).

4.2.3 Experiências de alinhamento assistido por imagem

Nos casos em que existem objetos que projetam sombras sobre azulejos e dificultam o reconhecimento de imagem, ou quando há a necessidade de reconhecimento de objetos naturais, como árvores, decidiu-se usar o alinhamento assistido por imagem.



Figura 4.21: Diálogos de instruções das experiências das aves

Este tipo de alinhamento foi utilizado para dois tipos de experiência em que se associa a um objeto selecionado:

- um conteúdo de vídeo;
- uma sequência de imagens.

Para qualquer uma destas experiências foi usada uma margem de 100 dp para as respectivas imagens de assistência. Desta forma existe um maior aproveitamento do ecrã, de todos os tamanhos e resoluções dos dispositivos móveis existentes, permitindo que o utilizador assista ao conteúdo com o melhor tamanho sem perder a imersão da experiência pela margem definida.

Conteúdo de vídeo com fundo verde (Casa da Direção e Pannel do Leão)

Foram criadas duas experiências com alinhamento assistido por imagem com associação de vídeos produzidos com fundo verde, que designaremos por Casa da Direção e Pannel do Leão.

A Casa da Direção do JBT tem, no chão do hall de entrada, ladrilhos com pequenos animais. Um vídeo produzido por alunos de AAV tem a animação de animais que saem desses ladrilhos, se movimentam e emitem sons.



Figura 4.22: Entrada da casa colonial com ladrilhos de pequenos animais

O vídeo criado com fundo verde dá a ilusão ao utilizador de que os animais estão mesmo no local alinhado. Tendo sido utilizada como imagem de assistência a imagem usada para criar o vídeo, podendo o utilizador alinhar perfeitamente com a entrada de modo a que o vídeo esteja exatamente onde é pretendido alinhar (Figura 4.23 (esquerda)).

O vídeo da experiência do Pannel do Leão, no lago das serpentes do JBT (Figura 4.24), foi criado a partir da fotografia tirada ao mesmo azulejo, em que os alunos criaram um modelo de um leão em 3D animado a

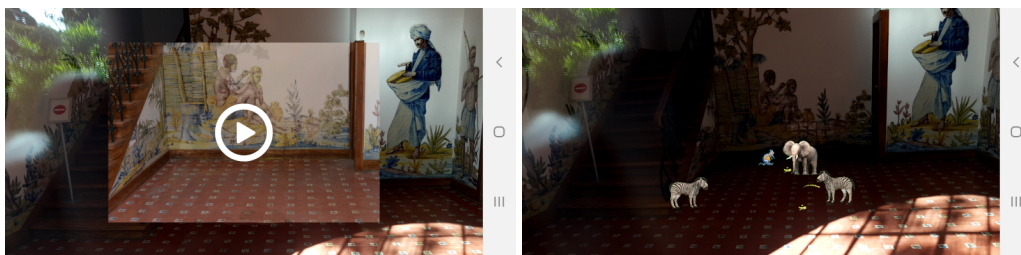


Figura 4.23: Captura de ecrã de frames de vídeos

rugir, assim como plantas que se movimentam com o soprar do vento.

Houve uma tentativa de criar a experiência do Painele do Leão, com o reconhecimento e rastreamento de marcas e imagens, porém sem sucesso, uma vez que, por cima do utilizador, estando de frente para o azulejo, existe uma estrutura nesse local que cria uma sombra sobre o azulejo, sendo que com câmara do dispositivo pode-se ver o grande contraste entre a parte sombreada e iluminada, sendo bastante difícil para a ferramenta reconhecer o azulejo, como se pode observar na figura 4.5 (direita).

Portanto, esta foi a solução encontrada, de modo a que o vídeo seja alinhado corretamente com o auxílio do utilizador e da imagem de assistência.



Figura 4.24: Azulejo do leão no JBT, junto ao lago das serpentes

Assim, para se criar estas experiências foi necessário juntar à imagem de assistência um ícone de reprodução de conteúdos multimédia, de modo a que o utilizador percebesse que seria para clicar no mesmo para reproduzir o vídeo, como se pode ver no exemplo da figura 4.25.



Figura 4.25: Imagem de assistência com ícone de reprodução de conteúdos multimédia

De seguida, apenas foi necessário associar o vídeo com fundo verde à imagem de assistência de modo a que o utilizador pudesse alinhar e reproduzir o vídeo na posição pretendida. Na figura, pode-se ver dois exemplos de *frames* do vídeo sem fundo verde e do vídeo com fundo verde.

A experiência foi testada e nem todo o verde do vídeo se tornava transparente. Isto acontecia pois

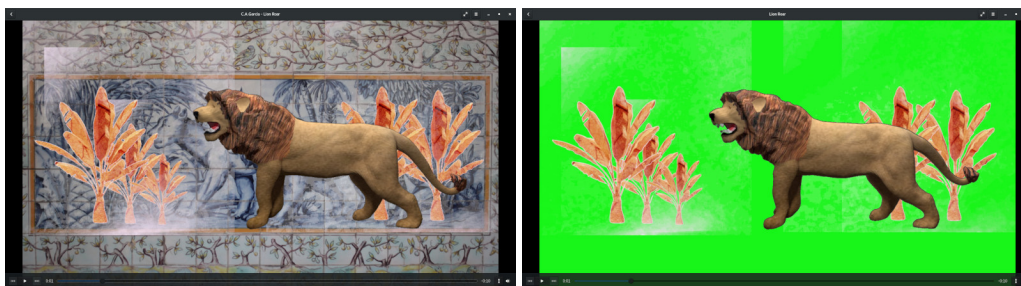


Figura 4.26: Captura de ecrã de frames dos vídeos com e sem fundo verde

a precisão da cor escolhida pelo programador está predefinida para quase a totalidade da precisão, 0.95. Sendo que o valor da precisão compreende o intervalo $[0,1]$, em que quanto mais próximo de 0 mais tons da cor escolhida irá tornar transparente. Assim sendo, o 0 tornaria a imagem totalmente transparente pois todos os tons iriam ser tidos em conta, enquanto o 1 tornaria a imagem totalmente opaca.

Apesar de a ferramenta utilizada permitir a alteração, tanto da cor como da precisão, apenas era possível alterar num ficheiro XML onde a interface do utilizador *Android* é criada e estruturada normalmente. Dito isto, a ferramenta teve de ser alterada para que fosse possível alterar o valor da precisão dinamicamente e assim poder ser alterado dependendo do vídeo a reproduzir. Por fim, o valor da precisão foi sendo ajustado até se ter a melhor transparência possível sem tornar transparente o que não faz parte do fundo verde.

Sendo o resultado o que se pode ver na figura 4.27, onde no começo da experiência o utilizador terá de alinhar a imagem de assistência com o azulejo (Figura 4.27 (esquerda)) e por fim clicar no ícone de reprodução para assistir ao vídeo do azulejo do leão alinhado, que com a ferramenta implementada o reproduz sem o fundo verde (Figura 4.27 (direita)).

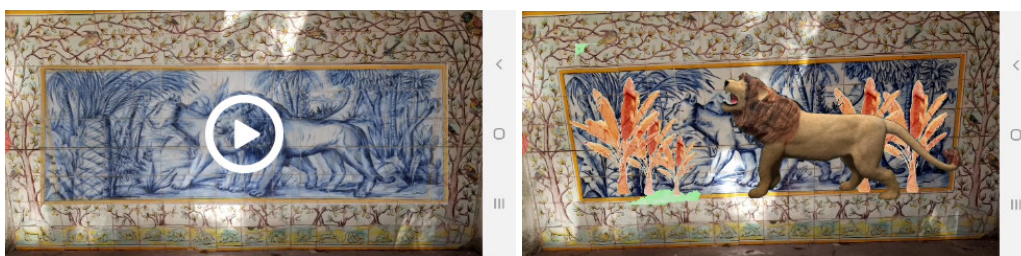


Figura 4.27: Experiência de alinhamento assistido por imagem do azulejo do leão

Conteúdo de vídeo sem fundo verde (Esquilo, Araucária e Pica-pau)

Com este tipo de conteúdo foram criadas três experiências de RA associadas a árvores que designaremos por experiências do Esquilo, Araucária e Pica-pau.

A experiência do Esquilo foi criada a partir de um vídeo gravado pelo perito César Garcia, num local do Jardim onde costuma aparecer um dos esquilos do JBT. Para a imagem de assistência apenas foi necessário usar o primeiro frame do vídeo, onde aparece a árvore a que o utilizador terá de alinhar, e colocar o ícone de reprodução (Figura 4.28 (esquerda)). Podendo ver-se o resultado final na figura 4.28 (direita).

A experiência da Araucária foi criada para a *Araucaria bidwillii*, uma das árvores mais altas do JBT, podem atingir uma altura entre 30 a 50 m, onde estão presentes pinhas masculinas e femininas. Estas

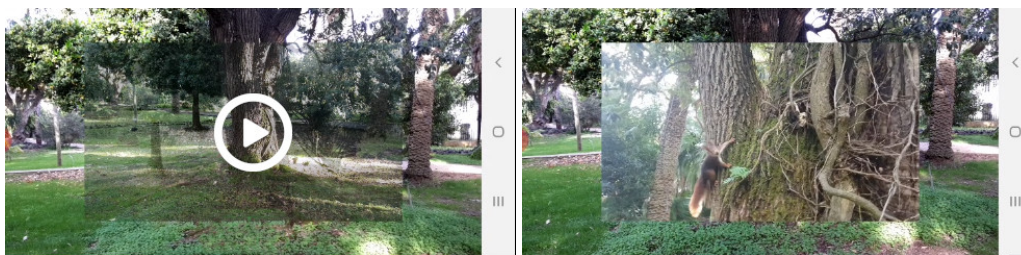


Figura 4.28: Experiência de alinhamento assistido por imagem do esquilo do JBT

últimas podem atingir um peso de 10 kg. Em um dos projetos de AAV foi gerado um vídeo, que combinou com um vídeo previamente gravado, de uma animação que reproduz a queda de uma pinha feminina e inclui uma personagem animada que alerta para o perigo destas pinhas. Também aqui, para criar a imagem de assistência foi utilizado o primeiro frame do vídeo e junto o ícone de reprodução (Figura 4.29 (esquerda)). Podendo ver-se o resultado final na figura 4.29 (direita).

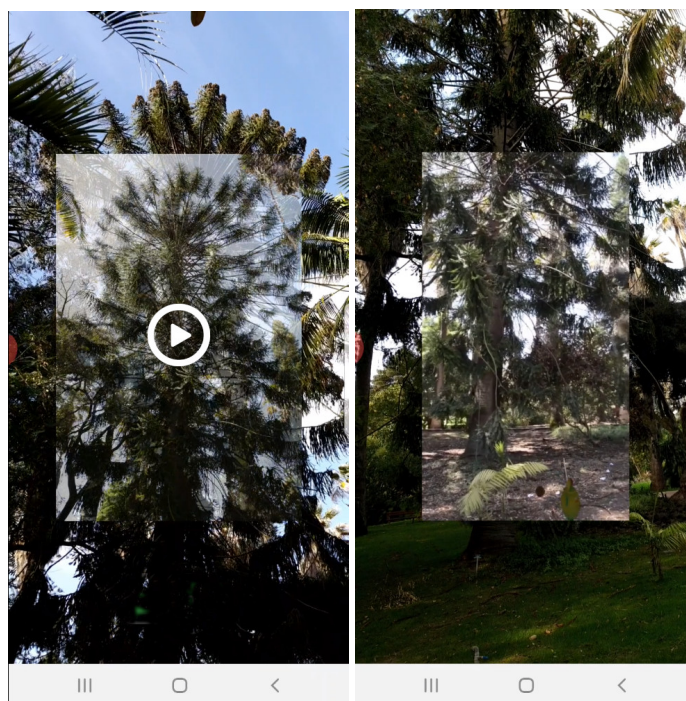


Figura 4.29: Experiência de alinhamento assistido por imagem da pinha da *Araucaria bidwillii*

A experiência do Pica-pau foi criada a partir de dois vídeos filmados pelo César Garcia, de um pica-pau numa árvore no Jardim Oriental do JBT, um com um pica-pau dentro de um buraco na árvore (Figura 4.30 (esquerda)) e outro com o pica-pau fora (Figura 4.30 (direita)).

Estes vídeos formam concatenados num único vídeo e, para dar contexto, foi integrado um terceiro vídeo. De seguida, foi gravado um vídeo no Jardim Oriental do JBT na mesma árvore do vídeo do perito. Este vídeo começava com um grande plano da árvore de modo a que o utilizador perceba qual é a árvore (Figura 4.31 (esquerda)), logo é feito um zoom à árvore (Figura 4.31 (centro)) e ao seu buraco de modo a que o utilizador perceba onde poderá encontrar a ave (Figura 4.31 (direita)).

Desta forma, foi criada a transição deste vídeo com os dois vídeos gravados pelo perito, com o obje-

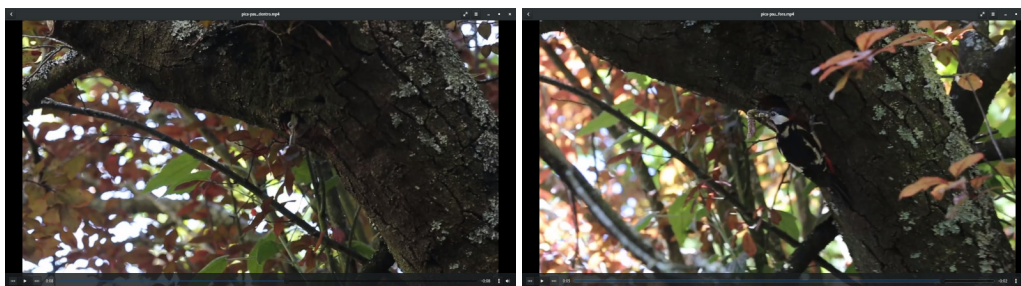


Figura 4.30: Vídeos do pica-pau a serem unificados



Figura 4.31: Vídeo da árvore a ser unificado

tivo de parecer ser um único vídeo. Por fim, a imagem de assistência foi criada da mesma forma que as experiências anteriores. Foi utilizado o primeiro frame do último vídeo gravado com o ícone de reprodução para que o utilizador consiga alinhar com a árvore do Jardim e visualizar o vídeo (Figura 4.32 (esquerda)). Podendo ver-se o resultado final na figura 4.32 (direita).

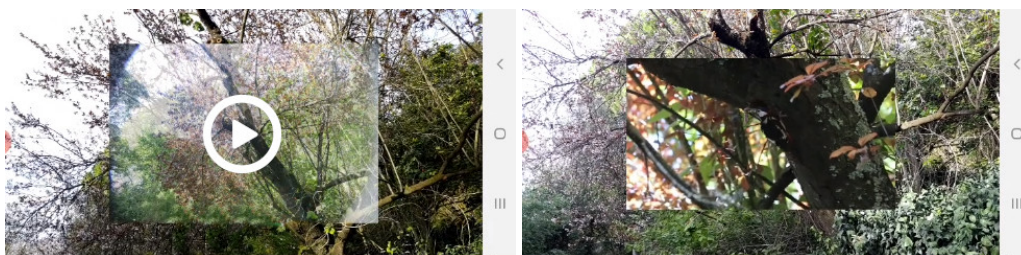


Figura 4.32: Experiência de alinhamento assistido por imagem de um pica-pau do JBT

Conteúdo de sequência de imagens (Lapso de tempo)

No percurso “Árvores a não perder” foram criadas várias experiências para observar a evolução das árvores ao longo do ano. Com colaboração da Prof^a Cristina Duarte que desenvolveu os conteúdos para estes percursos, foram identificadas numa visita ao Jardim.

Juntamente com a perita deste percurso foram escolhidas as melhores árvores para este tipo de experiência, ou seja, aquelas que apresentam mais mudanças, de cor e queda das folhas, de fruto e das suas flores. Assim, foram escolhidas 7 árvores do percurso “Árvores a não perder” com essas características.

Por conseguinte, foi combinado que, todas as semanas, preferencialmente no mesmo dia da semana, seria feita uma sessão fotográfica a essas 7 árvores. Essas sessões deveriam ser realizadas durante um ano, neste caso de março de 2019 a março de 2020. Deste modo, haveria já algum conteúdo aquando da criação deste tipo de experiência, de modo a estar pronta a ser testada, ainda antes das sessões terminarem.

Assim, graças à câmara fotográfica e tripé disponibilizados pelo Pai do autor deste documento, foi possível fotografar semanalmente as 7 árvores escolhidas. Ao longo destas semanas foi tentado fotografar cada árvore no mesmo local, com a mesma direção e inclinação da câmara (Figura 4.33), de modo a que a sequência de imagens parecesse natural e sem rotação ao redor da árvore e da própria árvore. Além de que, em cada dia, foram tiradas no mínimo 3 fotos a cada árvore com 3 tipos de focagem e luminosidade, de modo que na criação das imagens pudesse haver uma grande variedade de escolha da fotografia ideal. Podendo o utilizador assistir a um lapso de tempo da árvore da melhor forma. Ademais, o trabalho de edição no momento da criação das experiências seria o mínimo.



Figura 4.33: Posição, direção e inclinação da câmara na primeira sessão fotográfica à *Ceiba speciosa*

Apesar dessas tentativas, o JBT estava em remodelação, sendo que o trabalho e objetos das obras, quer no terreno onde era pousado o tripé, quer perto das árvores, impossibilitava muitas das vezes as condições ideais pretendidas para a sessão fotográfica.

Consequentemente, teve de ser feito algum trabalho de edição na criação do conteúdo a utilizar nas experiências de RA.

1. Foram escolhidas as melhores fotografias de cada dia de todas as semanas. Escolhida a primeira fotografia de cada árvore, com melhores cores e luminosidade, as seguintes fotografias deveriam ter o tom de cores e luminosidade mais parecidos entre a primeira e cada uma delas. Com o fim de que a diferença de cor e luz não fosse a mais notória pelo utilizador mas sim as mudanças da própria árvore. Todas as fotografias escolhidas foram colocadas por ordem de data num único ficheiro *GIMP*.
2. Tendo todas as fotografias escolhidas de cada árvore num único ficheiro *GIMP*, foi decidido usar no

máximo duas imagens em cada mês. Exceção seria todos aqueles meses em que a diferença de uma semana para outra seria mais notória, na floração, queda ou crescimento das folhas por exemplo. Podendo existir então entre 1 a 5 fotografias em cada mês. Assim, foram escolhidas as fotografias que mais diferença demonstram de tempo a tempo, sendo que as outras foram tornadas invisíveis.

3. Das fotografias escolhidas, foram limpas todas as que tinham visitantes, trabalhadores ou objetos das obras nas redondezas que obstruam a fotografia da árvore com a ferramenta de *Clone* do *GIMP*. Foram limpas 31 fotografias no total. Pode-se ver os exemplos das figuras 4.34 e 4.35. Mais alguns exemplares no apêndice E.



Figura 4.34: Fotografias da *Ceiba speciosa* antes (esquerda) e depois (direita) de limpas



Figura 4.35: Fotografias da *Erythrina coralloides* antes (esquerda) e depois (direita) de limpas

4. Com todas as fotografias prontas, foi verificada, do conjunto das fotografias de cada árvore, aquela

que apresenta a árvore com um tamanho maior. Isto devido a diferentes aproximações do tripé à árvore, pelas condições do local, por vezes encontradas no Jardim, que impossibilitavam a fotografia nas condições ideais. Aí, todas as fotografias são redimensionadas à escala da maior árvore encontrada.

5. Cada uma delas foi alinhada com a anterior, alinhando a copa da árvore, sendo a parte da árvore que se irá notar mais as diferenças. Nos casos em que necessário, foi feito um ajuste de rotação de modo a alinhar perfeitamente com o tronco da árvore (Figura 4.36). Nos casos de difícil alinhamento com a copa, foi alinhado primeiro com o tronco e feita a rotação para alinhar com a copa (Figura 4.37).

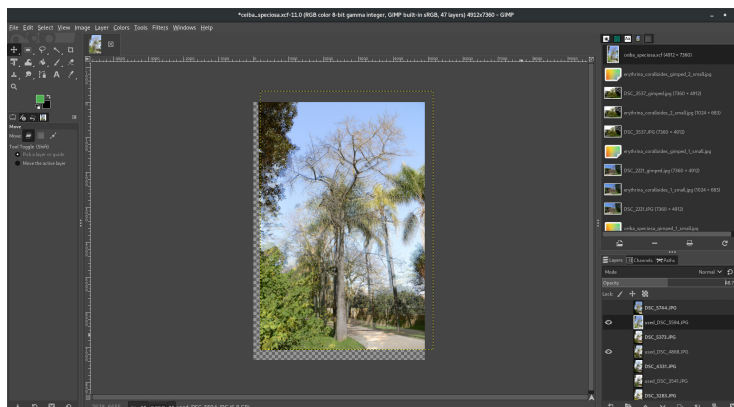


Figura 4.36: Exemplo de alinhamento de cada uma das fotografias da *Ceiba speciosa*

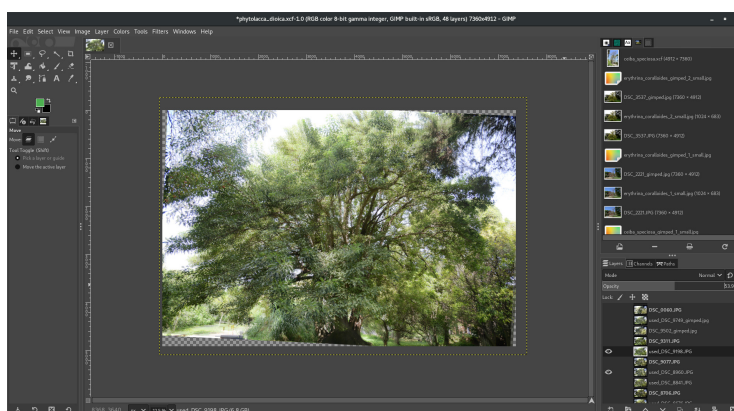


Figura 4.37: Exemplo de alinhamento de cada uma das fotografias da *Phytolacca dioica*

6. De seguida, o ficheiro é duplicado, para que nada seja perdido e guardada uma cópia de segurança, para remover as fotografias invisíveis que não iriam ser usadas com o fim de tornar o ficheiro mais pequeno e poder usar o programa sem o risco de uma fuga de memória e um uso mais rápido e leve do mesmo.
7. Neste novo ficheiro, foi usada a ferramenta *Crop* do *GIMP* de modo a cortar toda a imagem pelos cantos das fotografias mais próximas do centro da imagem do *GIMP*, isto devido à rotação e alinhamento entre cada uma das fotografias. Ficando assim todas as fotografias com o mesmo tamanho e rotação (Figura 4.38 e 4.39).

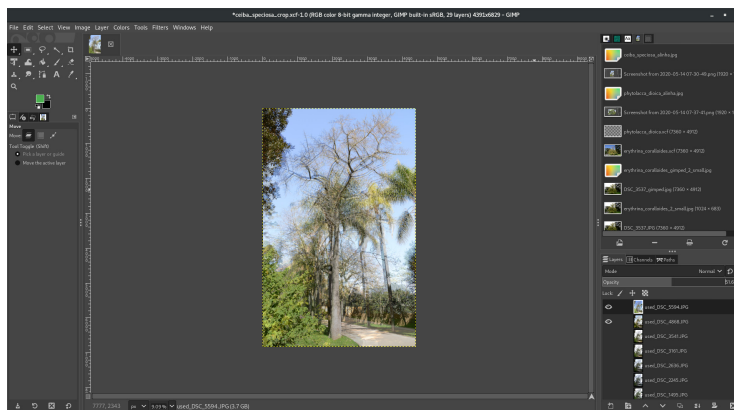


Figura 4.38: Exemplo de corte da imagem GIMP com todas as fotografias alinhadas da *Ceiba speciosa*

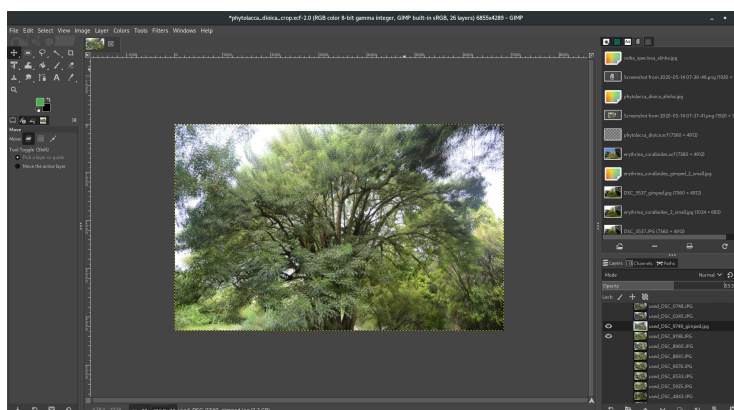


Figura 4.39: Exemplo de corte da imagem GIMP com todas as fotografias alinhadas da *Phytolacca dioica*

8. Posto isto, todas as fotografias são exportadas uma a uma em formato JPG. Devido à sua enorme resolução de 8K, todas elas são submetidas a uma ferramenta online de diminuição de resolução e compressão, o *Compress Image da toolur* [122]. Ficando cada uma delas com menos de 1MB de tamanho, com o objetivo de tornar as experiências o mais pequenas possíveis de modo a que utilizador possa instalar a aplicação sem a necessidade de ocupar muito espaço no seu dispositivo.

IU do conteúdo de lapso de tempo

Tendo o conteúdo criado, era agora necessária uma interface de utilizador que permitisse saber o mês da fotografia e controlar a passagem das várias imagens das diferentes árvores escolhidas.

Primeiro, foi criada uma sequência de imagens com as funcionalidades disponíveis do *Android* que, ao alinhar a imagem de assistência da experiência, era iniciada e continuava infinitamente em *loop*. Para essa sequência iniciar foi criado um temporizador, que é criado pelo programador com o valor pretendido, por exemplo, 2 segundos. A este tempo chamamos a velocidade da experiência, este é o tempo que uma imagem da árvore ficaria visível, passado esse tempo a imagem é trocada pela seguinte da sequência. Ademais, para que a experiência parecesse de facto uma passagem do tempo foi criada uma animação de desvanecimento no momento de transição entre imagens, por forma a que não haja uma mudança de imagem abrupta e a experiência do utilizador seja visualmente agradável e rica.

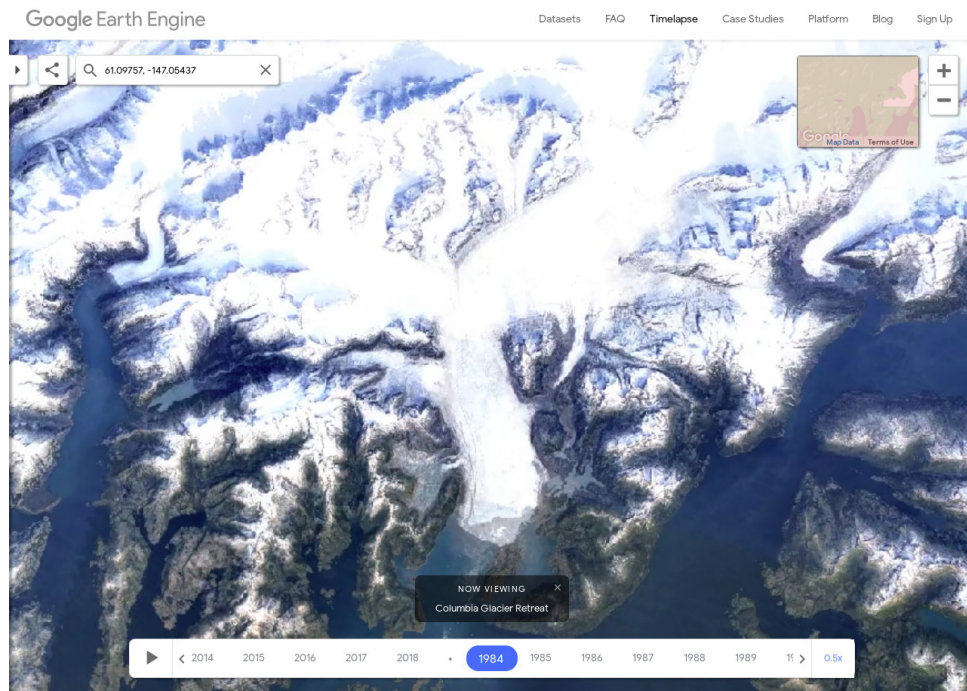


Figura 4.40: *Google Earth Timelapse* com imagem de 1984

De modo a que o utilizador possa ter o controlo da experiência de RA e parar a sequência de imagens, escolher que imagem quer ver, de que mês ou estação, foi encontrada inspiração na aplicação *GuidiGo* do capítulo 2 e numa experiência de lapso de tempo criada pela *Google*, usando o *Google Earth Engine*, o *Google Earth Timelapse* (Figura 4.40) [65].

Esta experiência disponibiliza diversas imagens de satélite, de diferentes pontos do planeta, em sequência automática e em *loop*. Tendo como interface do utilizador, no fundo da imagem, uma barra, chamada de *SeekBar*, que permite parar a sequência através de um botão de reprodução e escolher um ano específico que se pretenda ver. Permite também, através de dois botões em forma de seta, mudar para as imagens dos próximos anos, assim como dos anteriores. Além disso, permite alterar a velocidade da sequência com um botão *Dropup*. Pode-se ver o exemplo na figura 4.41, já no fim da sequência, com a sequência parada pelo botão de reprodução e o botão *Dropup* de velocidade clicado para proceder à escolha da velocidade pretendida.

Desta forma, foram pesquisadas e testadas diversas ferramentas de código aberto de *SeekBar* para *Android*. Acabando por ser escolhida aquela que permite um maior controlo e personalização da barra. Assim, foi utilizada a *RangeSeekBar* [75], uma ferramenta totalmente personalizável que permite alterar as cores, os textos e valores da barra. Esta ferramenta foi associada e interligada à sequência e temporizador criados de maneira a que a barra de progresso evolua com o progresso da sequência, ou seja, o indicador avance para a direita e volte ao início quando a sequência termina. Após reuniões de teste desta barra foi decidido que deveria ter o mesmo *design* e cor das caixas de texto informativo. Sendo que no início e fim da barra teria a indicação do mês inicial e mês final de modo a que o utilizador percebesse o intervalo de tempo da experiência (Figura 4.42).

E, tal como na experiência de lapso de tempo da *Google*, poderia ser escolhida a imagem e mês que

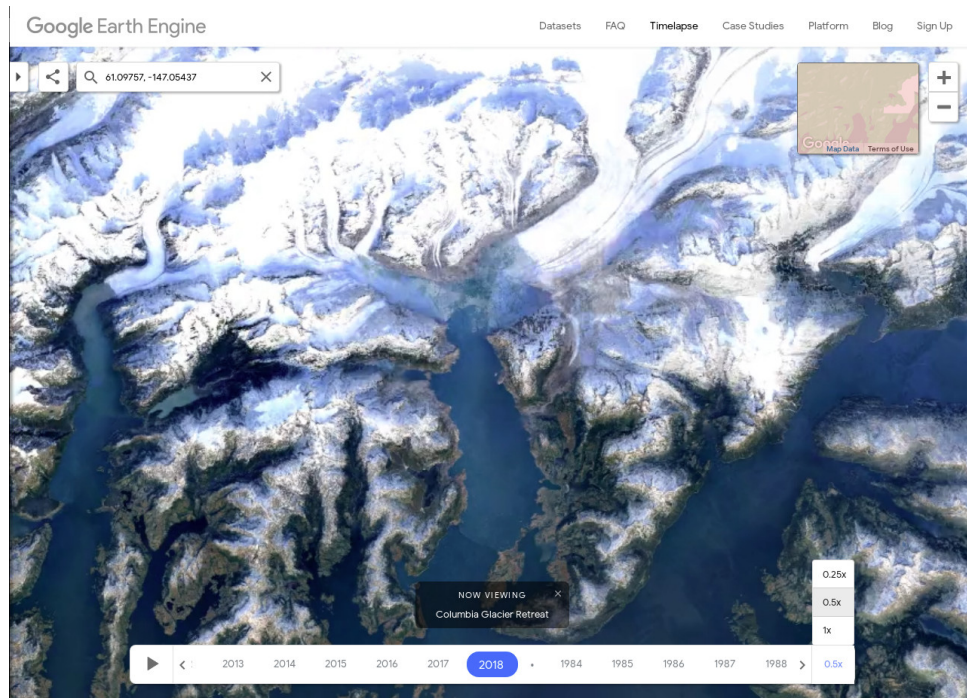


Figura 4.41: *Google Earth Timelapse* com imagem de 2018



Figura 4.42: *SeekBar* já personalizado e modificado para a experiência de RA

pretende visualizar através do indicador de progresso redondo, que sempre que é clicado e arrastado mostra o mês a que pertence a imagem (Figura 4.43).



Figura 4.43: Indicador do *SeekBar* com o mês da presente imagem

Além disso, como que um extra visual para o utilizador, para o ajudar a perceber a mudança de estações do ano ao longo da sequência de imagens, a cor da barra de progresso do indicador para a esquerda e o próprio indicador do mês, mudam de cor sempre que entra numa nova estação. Assim, de dezembro a fevereiro tem a cor azul associada ao inverno (Figura 4.44a), de março a maio tem o verde associado à primavera (Figura 4.44b), de junho a em agosto tem o amarelo associado ao verão (Figura 4.44c) e de setembro a novembro tem o vermelho associado ao outono (Figura 4.44d).

Para além desta barra de progresso, foi adicionada uma caixa de texto informativa no topo do ecrã, em cima da imagem (Figura 4.45). Deste modo, o utilizador estaria constantemente ao corrente do mês da imagem que está a visualizar no momento.

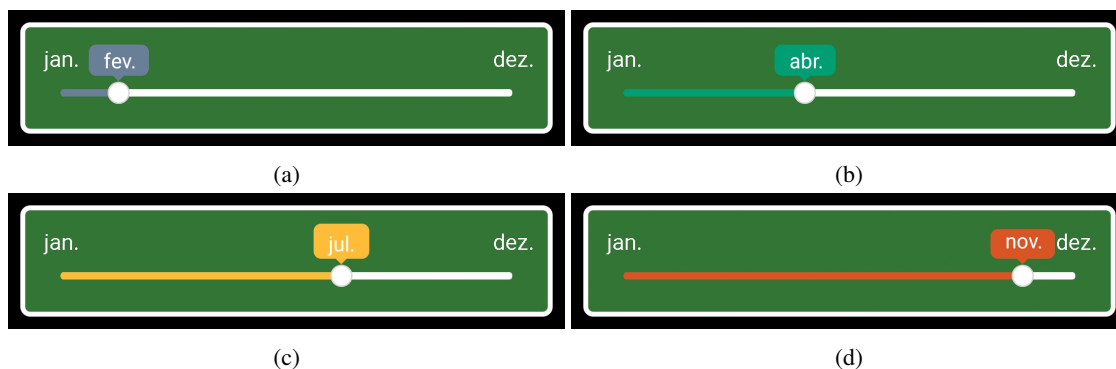


Figura 4.44: *SeekBar* nas diferentes estações de cada imagem



Figura 4.45: Exemplo de 4 caixas de texto informativas do mês da imagem

Portanto, o utilizador já consegue visualizar a sequência de imagens em *loop* até interagir com a barra de progresso da sequência de imagens, tendo o controlo sobre a imagem e mês que pretende visualizar. Porém, após interagir com a barra e parar o seu progresso, não tem maneira de iniciar novamente o progresso, podendo apenas arrastar o indicador para visualizar a imagem que pretende. Deste modo, lembrando o botão de reprodução da ferramenta da *Google*, foi criado um botão de reprodução e de pausa com o mesmo *design* e cores da barra de progresso que permite ao utilizador parar e continuar o progresso da sequência das imagens sempre que pretender. Estando os dois botões na mesma posição, porém um visível e o outro invisível. Estando o botão de pausa visível quando a sequência está em reprodução, para que o utilizador a possa parar (Figura 4.46 (esquerda)). E o botão de reprodução fica visível quando a sequência está parada, para que o utilizador a possa continuar (Figura 4.46 (direita)).



Figura 4.46: Botões de interação com o estado da sequência de imagens da experiência de RA

Consequentemente, visto que o utilizador tem agora o poder controlar o estado da sequência, ou seja, de parar e continuar o seu progresso, foi decidido tirar o atributo de *loop* a esta sequência. Assim, no final da sequência de imagens o progresso é parado, podendo o utilizador reiniciar a sequência quando pretender, através de um clique no botão de reprodução.

Desta forma, apenas faltava implementar duas últimas funcionalidades com inspiração da ferramenta da *Google*, o botões das setas e das diferentes velocidades da experiência. Que permitiriam ao utilizador ter o máximo controlo da experiência. Assim, foram criados dois botões de setas com o mesmo *design* e cores dos elementos criados acima (Figura 4.47). E criadas três velocidades distintas para a reprodução da sequência com valores pretendidos pelo programador.

Estas setas teriam diferentes funcionalidades:



Figura 4.47: Botões de interação com a sequência de imagens da experiência de RA e sua velocidade

1. Quando a sequência está em modo de reprodução

- O sentido da sequência poderá ser alterado se o utilizador clicar no botão com o sentido contrário;
- A velocidade poderá ser alterada se o utilizador clicar no botão com o mesmo sentido da sequência.

2. Quando a sequência está em modo de pausa

- O utilizador poderá ver a sequência de imagens ao seu ritmo clicando num dos botões das setas, o da direita ou o da esquerda.

Apesar destas implementações foi decidido seguir apenas com a experiência de 1 velocidade, com o valor de 1 segundo, podendo, quando pretendido, adicionar até 3 velocidades distintas. Isto para que a experiência fosse o mais simples possível para o utilizador, sem que este tivesse uma curva de aprendizagem elevada para utilizar a interface, usando apenas a mais intuitiva possível para o mesmo.

Tiveram de ser criadas duas disposições para a interface. Uma para as imagens verticais em que o dispositivo iria ficar na vertical, outra para as imagens horizontais em que o dispositivo iria ficar na horizontal.

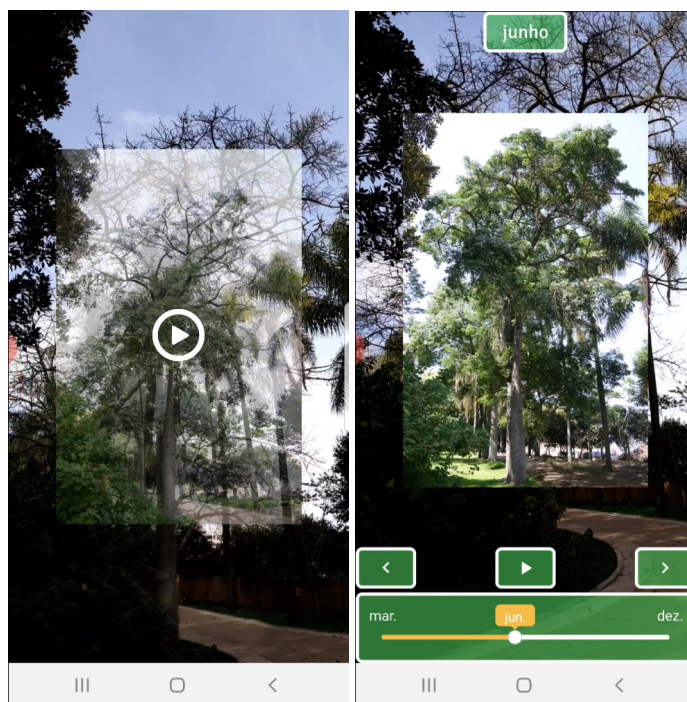


Figura 4.48: Exemplo de experiência de lapso de tempo vertical da árvore *Ceiba speciosa*

A posição de cada um dos elementos foi estudada, discutida e testada de modo a que a área da sequência das imagens fosse máxima. Assim, a versão com as setas centradas verticalmente na esquerda e na direita

da imagem foi abandonada. Assim como a versão com o botão de reprodução e pausa acima da sequência de imagens, pois iria distanciar este botão da interface do *SeekBar*, o que não convinha, também pelo esforço do utilizador ter de chegar lá com a outra mão, em vez de apenas ter de usar o polegar para parar ou continuar a reprodução da sequência.

Assim, este é o resultado final da versão vertical (Figura 4.48). Note-se que nesta versão da experiência ainda não se possui o total do conteúdo de imagem, visto que as sessões iam em dezembro de 2019. Assim, a experiência teria de começar em março de 2019.

Em relação à versão horizontal, a única componente de IU que muda a sua posição é o botão de reprodução e pausa que, inspirado na interface do vídeo do *Youtube*, foi posicionado do lado esquerdo do *SeekBar* de modo a dar mais espaço e visibilidade à sequência de imagens (Figura 4.49).

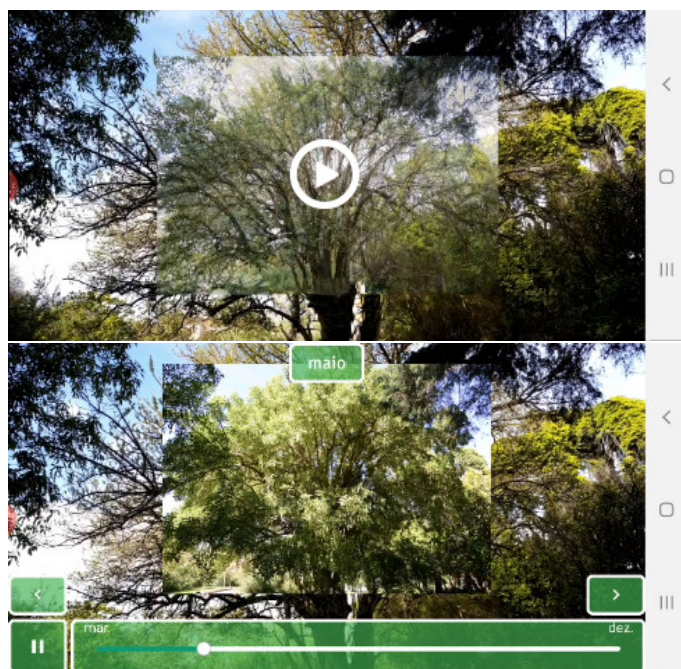


Figura 4.49: Exemplo de experiência de lapso de tempo horizontal da árvore *Phytolacca dioica*

Botão de alinhamento

Depois dos testes e demonstrações descritos no capítulo 5, foi decidido utilizar um botão de alinhamento, com o texto “Alinhei”, fazendo com que os utilizadores ao lerem, tenham o impulso de alinhar com o objeto ou local real, clicando apenas quando tiverem alinhado.

Esta alteração foi aplicada em todas as experiências de alinhamento assistido por imagem, como se pode ver nos exemplos da figura 4.50.

Diálogos de instruções

Os diálogos criados para este tipo de experiência são uma sequência de 2 a 3 diálogos:

1. Caso o vídeo contiver áudio para ser ouvido, o utilizador é alertado de que deve aumentar o volume multimédia do seu dispositivo móvel (Figura 4.7);

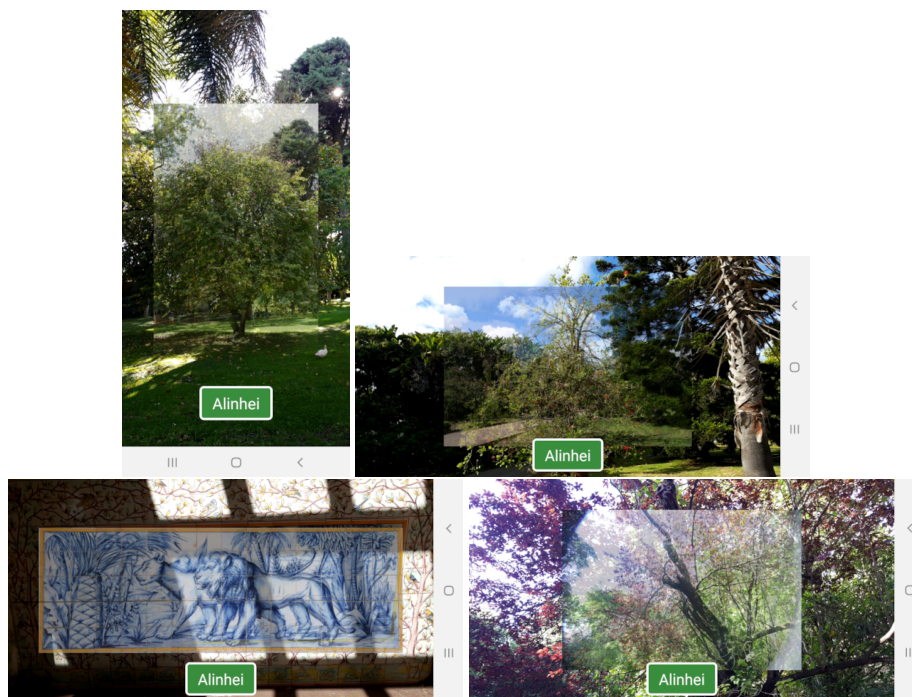


Figura 4.50: Exemplos de experiências de alinhamento assistido por imagem finais

2. É pedido ao utilizador que procure pelo JBT a imagem de assistência apresentada no diálogo (Figura 4.51);
3. O utilizador é informado de que deve alinhar a imagem de assistência com o objeto real correspondente (Figura 4.52).



Figura 4.51: Diálogos de procura da imagem de assistência

4.2.4 Experiências de reprodução de vídeo

Além dos conteúdos disponibilizados até agora, foram-nos fornecidos mais dois. Dois vídeos: um gravado pela perita do percurso “Árvores a não perder”, a Prof.^a Cristina Duarte, da flor da *Bauhinia variegata* a rodar 360° com o JBT como fundo (Figura 4.53 (esquerda)); Outro facultado pelo *Centro de Ciência do Café* (CCC) sobre o processo de produção do café, do grau à chávena (Figura 4.53 (direita)).



Figura 4.52: Diálogos de instrução do tipo de alinhamento assistido por imagem

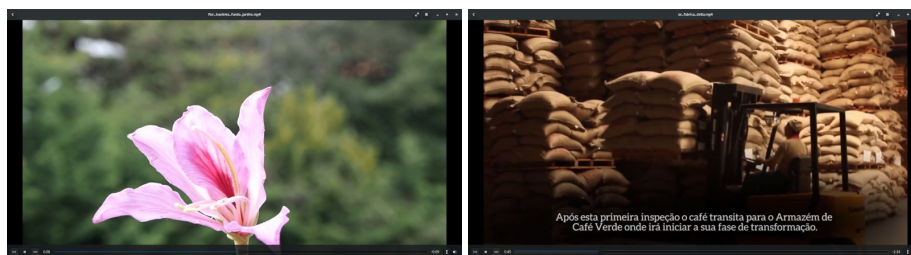


Figura 4.53: Vídeos a usar nas experiências de reprodução de vídeo

Conteúdo de vídeo

Em relação ao vídeo da flor não foi necessário nenhum tipo de edição para o seu uso na experiência de multimédia. Apenas existiu a necessidade de modificar o seu formato para MP4 e a sua resolução de modo a que o tamanho do ficheiro reduzisse significativamente sem pesar demasiado no dispositivo do utilizador.

A respeito do vídeo do CCC, foi necessário fazer duas edições.

A primeira foi a conveniência de existir um título e subtítulo com o objetivo de informar o utilizador do vídeo que iria assistir. Assim, foi decidido em reuniões com a perita e toda a equipa de desenvolvimento que, como título deveria ficar “*Processo de Produção do Café*” e como subtítulo “*Do Grão à Chávena*”. Para inserir estes dois títulos foi utilizado o *software* de edição de vídeo *Kdenlive* mas, para o fazer, o tipo de letra teria de coincidir com o das legendas do vídeo (Figura 4.54a). Para isso foi utilizada uma ferramenta *online* que identifica a fonte da letra de uma imagem, o *What Font Is* [74]. Assim, foi feita uma captura de ecrã do vídeo com o fim de a usar na ferramenta (Figura 4.54b). Tendo, por fim, de transferir e instalar a fonte da letra de modo a criar os títulos no vídeo. Sendo o resultado o que se pode ver nas figuras 4.54c e 4.54d.

A segunda foi o imperativo crédito ao CCC. Consequentemente, usando o *Kdenlive*, foi criada uma sequência de *frames* no final do vídeo a dar crédito ao CCC com a presença do seu logótipo [79] (Figura 4.55).

Criação da experiência de multimédia

Com estes vídeos não fazia sentido serem alinhados com nenhum tipo de alinhamento de RA, visto que não foram gravados para esse propósito. Para além disso, têm uma duração muito maior que os restantes

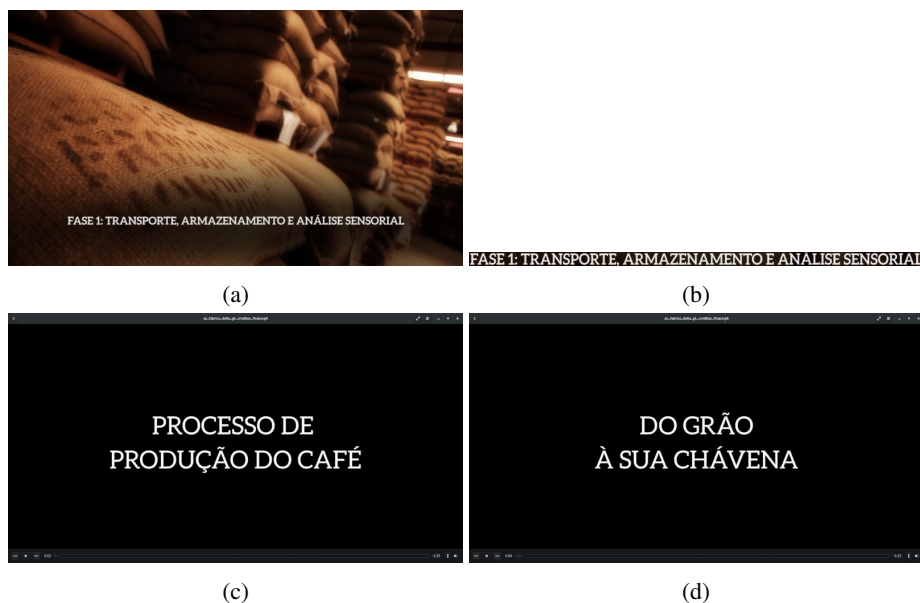


Figura 4.54: Criação do título e subtítulo do vídeo do processo de produção do café



Figura 4.55: Créditos criados no final do vídeo

conteúdos de vídeo já descritos nas experiências acima. Isto exige que o utilizador tenha um maior controlo sobre a experiência de modo a saber a duração do conteúdo e poder parar ou escolher uma parte do vídeo que que rever, ou mesmo procurar a parte que mais lhe interessa visualizar livremente.

Tendo o conteúdo pronto para ser exibido, falta então criar um tipo de experiência multimédia que permita ao utilizador reproduzir e visualizar o vídeo criado. Assim, após nova pesquisa de projetos e bibliotecas de código aberto, foi descoberta a ferramenta ideal para o propósito: o *ExoPlayer* da *Google* [62].

Este foi implementado por forma a criar um tipo de experiência multimédia parecido com o conceito da IU do Lapso de Tempo. Nesta experiência foi implementado um reproduzidor de vídeo com um botão de reprodução, dois botões com duas setas para o utilizador avançar ou recuar no vídeo, e outros dois para ir diretamente para o início do vídeo ou para o próximo vídeo se existisse. Por fim, existe uma *SeekBar* que permite ao utilizador escolher ver o vídeo a partir do momento, minuto, segundo ou hora, que quiser. Podemos ver o resultado final nas figuras de exemplo 4.56, 4.57 e 4.60.

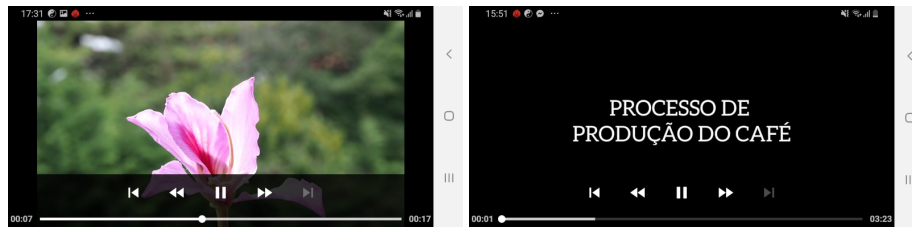


Figura 4.56: Exemplo da experiência multimédia em reprodução

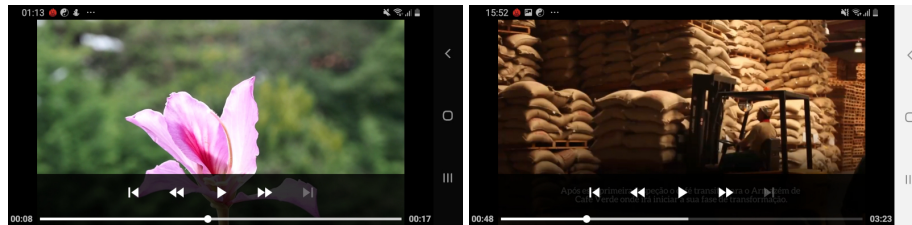


Figura 4.57: Exemplo da experiência multimédia em pausa

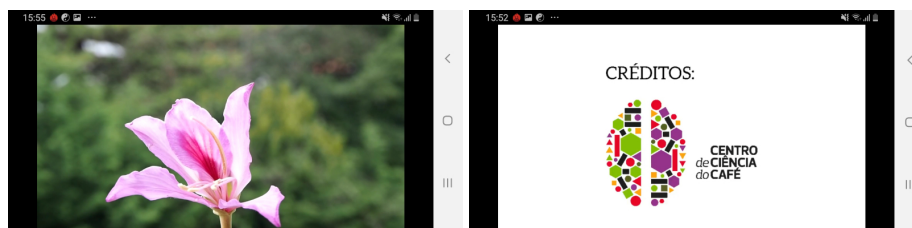


Figura 4.58: Exemplo da experiência multimédia com interface escondida

Diálogos de instruções

O diálogo criado para este tipo de experiência poderá existir ou não, caso o vídeo contiver áudio para ser ouvido, o utilizador é alertado de que deve aumentar o volume multimédia do seu dispositivo móvel (Figura 4.7). No caso da experiência do vídeo do CCC tem som, portanto o diálogo é exibido. No caso da experiência do vídeo da flor não é exibido, pois não tem áudio para ser reproduzido.

4.2.5 Sumário

Resumindo, foram criados 4 tipos de experiências de RA e multimédia:

- Experiências de reconhecimento e rastreamento de marcas e imagens, com azulejos do JBT como imagens alvo
 - Com conteúdo de vídeo sem fundo verde (painel do Palácio da Calheta);
 - Com conteúdo de vídeo com fundo verde, tendo de ser criado um vídeo em *Alpha Channel* (painel da árvore).
- Experiências de alinhamento com recurso aos sensores baseado na orientação relativamente a Norte (experiência das aves);
- Experiências alinhamento assistido por imagem

- Com conteúdo de vídeo com e sem fundo verde (Painel do Leão, Casa da Direção, Esquilo, Araucária, Pica-pau);
 - Com sequências de imagens (Lapso de Tempo), i.e. foram montadas sequências de imagens, tiradas ao longo de 1 ano, posteriormente limpas, cortadas e alinhadas para dar a sensação de passagem do tempo em 7 árvores.
- Experiências de reprodução de vídeo (Cafeeiro, flor da Bauhinia).

Para complementar as experiências criadas foram criados diálogos de instruções personalizados para cada experiência.

4.3 Integração na App JBT

Enquanto a solução acima foi implementada, a App JBT estava também a ser desenvolvida pelo Stefan Postolache [95]. O desenvolvimento da App JBT foi continuamente acompanhado para que a integração das experiências de RA fosse o mais natural possível.

Houve uma estreita contribuição e entreaajuda para com o Stefan Postolache, na análise de problemas do sinal de GPS no JBT, na determinação das coordenadas GPS dos PoI do JBT, pesquisa de soluções de interface, análise de problemas com o mapa, desenho da interface em *mockups*, captura de imagens de alguns PoI e implementação da componente de localização GPS.

De forma a associar cada uma das experiências, criadas e descritas acima, ao seu respetivo PoI na App JBT, foi necessário implementar código para a integração da Componente de RA. Esta componente é capaz de criar cada um dos tipos de experiência de RA descritos acima e, mais especificamente, cada uma das experiências de RA disponíveis nos PoI do JBT.

Para iniciar qualquer uma das experiências, é necessário carregar num botão existente da interface do correspondente PoI, fazendo assim a ligação entre a App JBT e a Componente de RA. A um PoI podem estar associadas 1 ou 2 experiências, estando 1 ou 2 botões em cada PoI para iniciar cada uma das experiências.

Com o objetivo de as experiências e os seus conteúdos e componentes de IU poderem ser facilmente alterados e associados entre eles e a um percurso e PoI, foi necessário estender a BD já criada pelo Stefan Postolache com os conteúdos de cada PoI, para incluir a informação necessária para a Componente de RA.

Após feita uma pesquisa sobre a publicação de aplicações na loja da *Google*, verificou-se que não seria possível colocar, facilmente e sem complicações, uma aplicação com mais de 100MB de dimensão, como seria certamente o nosso caso, devido à quantidade de imagens e vídeos utilizados pelas experiências de RA. Para resolver este problema, foi disponibilizado um servidor na Reitoria da ULisboa, para ser usado pela aplicação para fornecimento de conteúdos após a instalação e iniciação da mesma.

Por último foram estudadas e criadas paletes de cores para a aplicação, de modo a que fossem acessíveis para pessoas com daltonismo. A palette escolhida foi aplicada a todos os conteúdos da aplicação, incluindo os conteúdos e componentes de IU de RA.

4.3.1 Contribuição na App JBT

Salientam-se as seguintes colaborações na componente de interface e mapas da App JBT [95]:

1. Análise de problemas e verificação da qualidade de sinal GPS no JBT. Através da realização de testes no JBT para detecção de sinal do GPS dos dispositivos no JBT e sobrepondo os vários percursos feitos;
2. Determinação das coordenadas GPS e localização dos PoI a assinalar num mapa do JBT: este ponto foi conseguido de forma repartida pelo autor deste documento, pelo seu colega de projeto, Stefan Postolache, e ainda pelos colaboradores do JBT;
3. Pesquisa direcionada para encontrar as melhores soluções de interface, experiência e usabilidade, para a filtragem de PoI por tópicos, com base em aplicações já desenvolvidas e *mockups* produzidos durante o desenho inicial desta aplicação móvel;
4. Análise dos problemas relacionados com o tipo de mapa a utilizar na aplicação e a sobreposição a sobreposição de PoI, esta última resolvida com a introdução de pequenos desvios à localização real destes pontos posição real dos PoI; Foi decidido que o ideal seria usar um mapa criado através da tecnologia LIDAR, e não um do *OpenStreetMaps* ou do *Google Maps*. Em relação à posição dos PoI, não coincidindo exatamente com as posições do mapa criado, todas elas tiveram de ser ajustadas fazendo várias capturas de coordenadas e aproximações a partir do mesmo mapa, com capturas de ecrã para um melhor posicionamento no mapa criado;
5. Desenho da interface em *mockups*, quer em papel e caneta quer digitalmente, a partir da pesquisa de aplicações inicialmente feita. Esses desenhos foram focados nos seguintes aspetos:
 - Filtragem de PoI por tópicos;
 - Pesquisa livre;
 - Pesquisa por origem;
 - Página dos PoI;
 - Disposição dos ícones de RA e outros no mapa e na página dos PoI;
 - Modo lista de visualização dos PoI, como alternativa ao mapa.

Destas 6 propostas, 4 foram implementadas e adaptadas na App JBT: a filtragem de PoI por tópicos; a página dos PoI; a disposição dos ícones de RA e outros no mapa e na página dos PoI; e o modo lista dos PoI, como alternativa ao mapa. Na filtragem de PoI por tópicos, foi necessário fazer testes com paletes de cores acessíveis para daltónicos para os marcadores e filtros no mapa do percurso “Jardim com história”, com um único tom de cinzento-azulado;

6. Captura de imagens de alguns PoI por estas não terem sido fornecidas ou, no caso de existirem, não fazerem uma ligação clara com o objeto a identificar; Mais especificamente, na criação de conteúdo para os percursos “Árvores a não perder”, “Jardim com história”, “Aves” e “Sensores da natureza”;
7. Implementação da componente de localização GPS a ser usada pela aplicação e pela Componente de RA. Assim como, o pedido de permissão ao utilizador da captura da sua localização e respetivo tratamento da resposta do mesmo ao utilizar o mesmo tipo de diálogo e *Toast* usado e criado para a Componente de RA.

4.3.2 Componente de RA

Foi necessário unificar todas as técnicas desenvolvidas numa única componente com o objetivo de servir a App JBT, sempre que necessitasse de invocar uma experiência de RA para um dado PoI de um dado percurso.

Esta componente pode executar 4 tipos de experiências de RA e multimédia:

- de reconhecimento e rastreamento de imagens e marcas;
- de alinhamento baseado em sensores (orientação relativamente a Norte e localização);
- de alinhamento assistido por imagem;
- de reprodução de vídeo.

Modelo de domínio

Foi desenhado um modelo de domínio para planificar a criação desta componente (Figura 4.59).

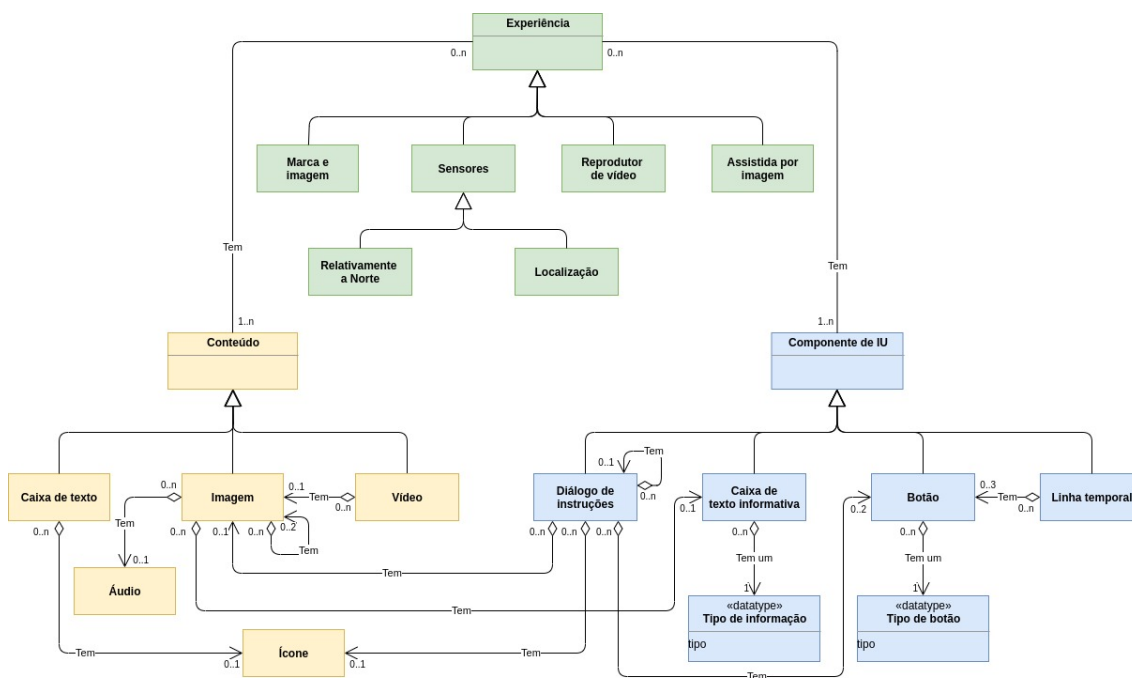


Figura 4.59: Modelo de domínio da Componente de RA

Neste modelo podemos ver que para além dos 4 tipos de experiência criados, vemos que cada experiência terá 1 ou mais conteúdos de imagem, vídeo e texto. O mesmo acontece para as componentes de IU, qualquer um deles poderá ter diálogos de instruções, caixas de texto informativas e botões associados.

Mais especificamente, tendo em conta as limitações de cada tipo de experiência implementada (a verde na figura 4.59):

- de reconhecimento e rastreamento de marcas e imagens ou experiências de reprodução de vídeo: têm como conteúdo um vídeo associado;

- de alinhamento baseado em sensores (orientação relativamente a Norte e localização): como conteúdo múltiplas imagens e/ou como componente de IU caixas de texto associados;
- de alinhamento assistido por imagem: como conteúdo múltiplas imagens ou um vídeo associados e/ou como componente de IU uma linha temporal.

Sobre os conteúdos (a amarelo na figura 4.59), nas experiências:

- de reconhecimento e rastreamento de marcas e imagens: o vídeo terá associada uma imagem alvo a ser reconhecida e rastreada;
- de alinhamento baseado na orientação relativamente a Norte ou localização: uma imagem poderá ter associado um ficheiro de áudio, como por exemplo, na experiência das aves; uma caixa de texto poderá ter um ícone associado;
- experiências de alinhamento assistido por imagem: com conteúdo de vídeo, o vídeo terá uma imagem de assistência associada; com o conteúdo de lapso de tempo, a primeira imagem tem uma imagem de assistência associada; cada imagem poderá ter associado uma caixa de informação, no caso específico das experiências criadas, o mês da fotografia tirada; cada imagem poderá ter a imagem seguinte associada, criando a sequência de imagens da experiência de lapso de tempo.

Quanto às componentes de IU (a azul na figura 4.59):

- botão: poderá ser do tipo “ligação com a app JBT”, “positivo”, “negativo”, “reprodução e pausa”, “seta direita”, “seta esquerda” e “alinhamento”;
- diálogo de instruções: poderá no máximo 2 botões, “positivo” e “negativo”; ter associado uma imagem ou um ícone; ter associado o próximo diálogo, criando a sequência de diálogos das diferentes experiências;
- lapso de tempo: poderá ter no máximo 3 botões, o de “reprodução e pausa”, o de “seta direita” e o de “seta esquerda”;
- caixa de texto informativa: poderá ser do tipo “normal”, “contador” e “mensagem de sucesso”.

Arquitetura

Inspirada no modelo de domínio criado acima, foi implementada uma arquitetura que garantisse uma boa usabilidade da Componente de RA, de fácil interpretação por parte do programador (Figura F.1). Através da criação de funções e classes seguindo o *single-responsibility principle* (SRP). Começamos pela classe gestora de toda a Componente de RA, a *AugmentedReality*, aquela que é o elo de ligação entre esta componente e a App JBT. É esta a classe que dá início à criação e execução das experiências de RA (Figura F.2).

No momento em que o utilizador entra dentro da página de um PoI de um determinado percurso, que contenha uma ou duas experiências de RA, estas experiências são criadas pelas respetivas classes criadoras (laranja), seguindo o padrão *Factory*, com o objetivo de garantir um bom suporte, fácil compreensão, extensibilidade, adaptação e usabilidade (Figura F.2).

Para as experiências serem criadas, todos os seus conteúdos (Figura F.3) têm de ser acedidos na BD local e associados à experiência. Assim como os conteúdos dos próprios conteúdos de RA, textos, ícones e caixas (Figura F.4).

Em relação às componentes de IU têm de ser criados pelas suas classes *Factory*, primeiramente, acedendo à BD criada e preenchida com a informação sobre cada experiência de RA do PoI respetivo (Figura F.5). Assim como os seus conteúdos associados, textos, ícones e caixas (Figura F.4).

Após a criação de cada uma das experiências e seus conteúdos e componentes de IU, assim que o utilizador clicar no botão associado à execução das experiências de RA, as experiências são iniciadas pela sua classe respetiva *ARExperience* (Figura F.6). Esta classe e a sua subclasse respetiva, irão iniciar, dependendo do seu tipo:

- experiências de reconhecimento e rastreamento de imagens e marcas: cria e inicia nova atividade *EasyAR* que gere este tipo de experiência;
- experiências de alinhamento baseado em orientação relativamente a Norte ou localização: cria e inicia nova atividade *ArActivity* que gere este tipo de experiência;
- experiências de alinhamento assistido por imagem: cria e inicia nova atividade *ImageAssistedType* que gere este tipo de experiência;
- experiências de reprodução de vídeo: cria e inicia nova atividade *VideoPlayerActivity* que gere este tipo de experiência

Assim que as experiências são iniciadas o *InstructionsDialogManager* irá gerir todos diálogos de instrução associados à experiência, a sua ordem, criação e comportamento após o toque nos botões positivo e negativo. Após a interação do utilizador com o diálogo de instrução e fim da sequência de diálogos, o utilizador pode interagir com a experiência e com os seus conteúdos.

4.3.3 Ligação com a App JBT

Com o objetivo de abstrair a parte da App JBT da Componente de RA e minimizar a necessidade de cada uma delas ter de conhecer-se e interagir entre si, foi decidido manter a classe gestora da RA, a *AugmentedReality*, o mais simples possível de modo a que a interação entre elas fosse apenas para o fim de criar as experiências para os respetivos PoI de cada percurso e iniciá-las assim que o botão da RA fosse clicado.

Botão de RA

A ligação com a Componente de RA acontece sempre que o utilizador entra numa página de um PoI que tenha uma ou duas experiências. A Componente de RA cria as experiências e deixa-as prontas a serem iniciadas pelo utilizador através do clique do botão da figura 4.60 (esquerda), que é tornado visível na interface da página do PoI, sempre que existe uma ou duas experiências (Figura 4.60 (direita)). Este botão foi desenhado pelo *designer* da Reitoria da ULisboa, Tiago Ribeiro.

Nos PoI a que estão associadas duas experiências de RA ou multimédia, como acontece no percurso “Árvores a não perder”, os PoI da *Bauhinia variegata* e do Cafeeiro e no percurso “Jardim com história”,

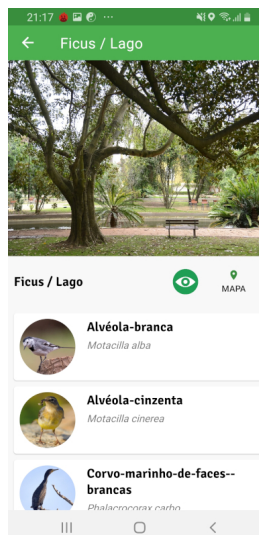


Figura 4.60: Botão de RA (esquerda) e página de um PoI com uma experiência de RA (direita)

o PoI do lago das serpentes, teria de haver alguma diferença nos botões para que o utilizador pudesse distinguir qual das experiências queria iniciar.

Assim, foi adicionado ao canto superior esquerdo dos botões dessas experiências, pequenas imagens cortadas relativas a essas experiências. No percurso “Árvores a não perder”, no PoI do Cafeeiro, a experiência de reprodução de vídeo do processo de produção do café, foi recortada uma fotografia, tirada numa visita ao Jardim, de um grão de café tirado de dentro do fruto, e adicionado ao canto do botão (Figura 4.61 (centro)). No caso da experiência de lapso de tempo do Cafeeiro, foi recortada uma fotografia de um ramo da espécie durante as sessões fotográficas do JBT 4.61 (esquerda). Sendo o resultado final o que se pode ver na figura 4.61 (direita).

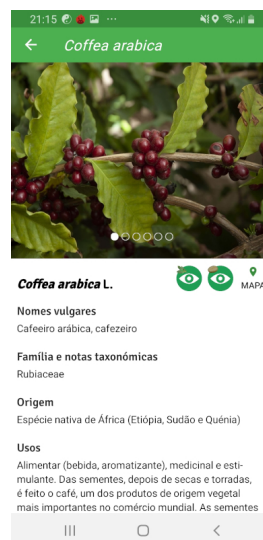


Figura 4.61: Botões de RA das experiências do Cafeeiro e página do PoI respetivo

No PoI da *Bauhinia variegata*, na experiência de reprodução de vídeo da flor da espécie, foi recortada uma fotografia da flor capturada numa das visitas ao JBT (Figura 4.62 (centro)). Na experiência do lapso de

tempo da *Bauhinia* foi recortada a fotografia de uma folha da espécie tirada numa das sessões fotográficas no Jardim (Figura 4.62 (esquerda)). Sendo o resultado final o que se pode ver na figura 4.62 (direita).

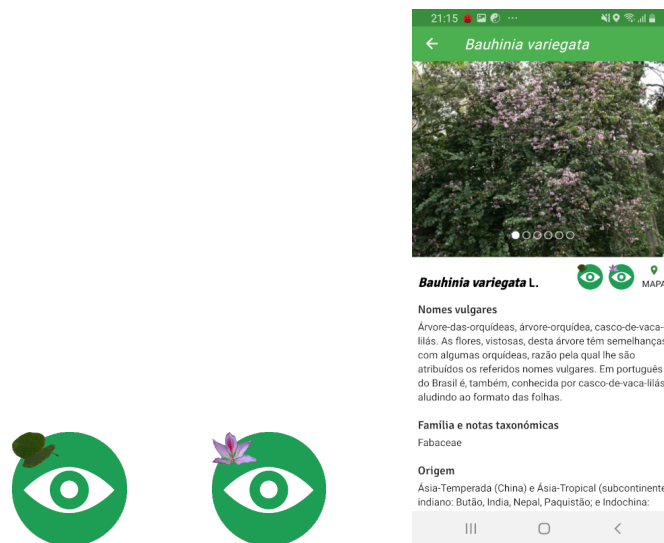


Figura 4.62: Botões de RA das experiências da *Bauhinia*

No percurso “Jardim com história”, no PoI do lago das serpentes, na experiência de alinhamento assistido por imagem do painel do leão, foi recortada a imagem de assistência da experiência de modo a ter apenas a cabeça do leão no canto superior esquerdo do botão (Figura 4.63 (centro)). Por fim, quanto à experiência de reconhecimento e rastreamento do azulejo da árvore dos animais, foi recortada a imagem alvo do azulejo de modo a ter uma das aves no canto superior esquerdo do botão de RA (Figura 4.63 (esquerda)). Sendo o resultado final o que se pode ver na figura 4.63 (direita).

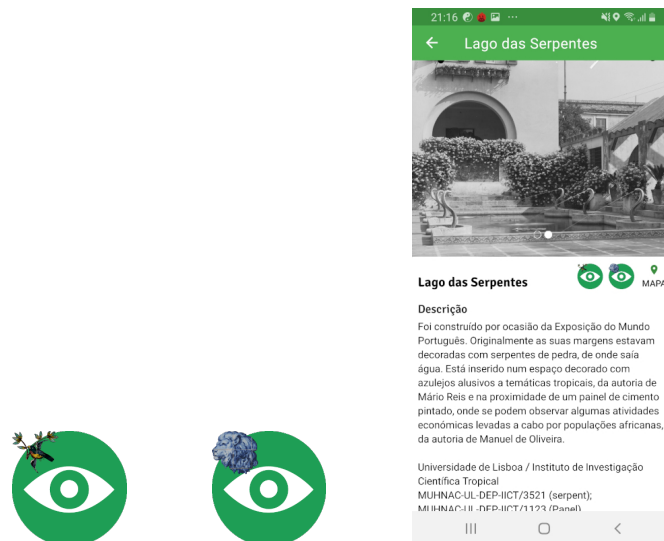


Figura 4.63: Botões de RA das experiências do lago das serpentes

O percurso das Aves está organizado em áreas de interesse, cada uma das quais contendo uma lista de aves. Para cada ave da lista existe uma página com texto explicativo. Cada área de observação tem uma experiência de RA e numa destas áreas existe uma ave, o Pica-pau, que tem também uma experiência

de RA. Nesse caso, como a experiência está dentro de uma das aves da lista da área de interesse, foi decidido colocar o botão de pequenas dimensões no canto superior esquerdo do item da lista, sempre que tivesse uma ou duas experiências associadas (Figura 4.64 (esquerda)). Ficando, assim, o utilizador a saber, antecipadamente, que aquela ave tem uma experiência associada (Figura 4.64 (direita)).

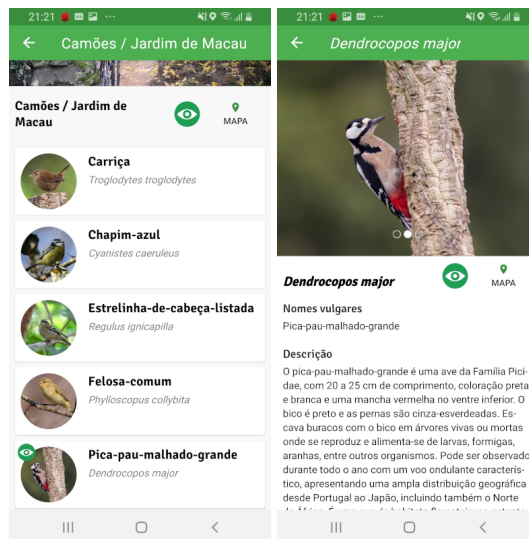


Figura 4.64: Botões de RA numa área de interesse do percurso das aves

Diálogos de instruções

Após a realização de testes de velocidade de descarregamento e de consumo de bateria nos dispositivos móveis, usando a aplicação *Android AccuBattery Pro*, foi confirmado que a câmara é a aplicação que mais consome bateria das diferentes aplicações em execução.

Como se pode ver nas capturas de ecrã da figura 4.65 (direita), a câmara é a aplicação que tem uma maior velocidade de descarregamento, ficando nos 43,1%/44,8% de descarregamento da bateria do dispositivo móvel por hora, mesmo comparando com jogos de alto desempenho gráfico e de processador. Vemos que a App JBT, sem iniciar nenhuma das experiências, é das aplicações que menos consome, com 12,3%/hora, na figura 4.65 (esquerda). Quando usada a câmara, iniciando as experiências, passa a ser das aplicações com maior velocidade de descarregamento, com mais do dobro da velocidade, 25,9%/hora, na figura 4.65 (direita).

Tendo tudo isto em conta, de modo a que a bateria não seja descarregada desnecessariamente durante a leitura e interação do utilizador com os diálogos e, ainda, para que o mesmo não seja distraído com a experiência já em segundo plano, foi decidido fazer com que estes diálogos apareçam, apenas, anteriormente às experiências, sempre antes de elas iniciarem, ainda dentro da página dos PoI, como se pode ver no exemplo da figura 4.66.

Além disto, foi verificado que algumas experiências, principalmente as das aves, demoravam largos segundos até iniciarem. Isto fazia com que, durante este tempo, com o último diálogo de instruções já removido após o clique no botão positivo, o utilizador clicasse novamente no botão de RA, iniciando novamente a sequência de diálogos de instruções. Esta situação podia levar a aplicação a terminar ou até

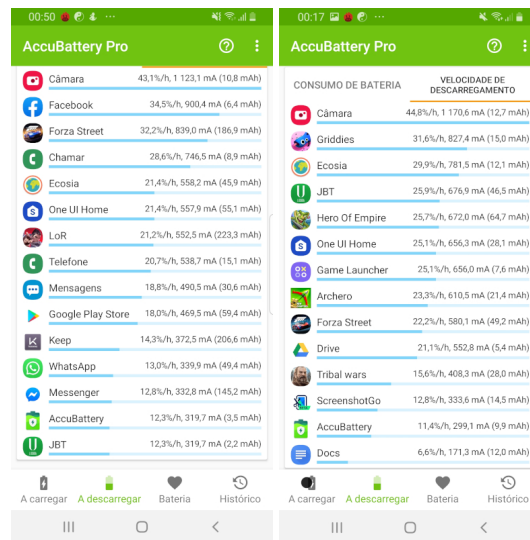


Figura 4.65: Capturas de ecrã da aplicação *AccuBattery Pro*, comparando a App JBT com e sem experiências iniciadas



Figura 4.66: Diálogo de instruções com a página do PoI da *Ceiba speciosa* em segundo plano

ao início de duas experiências concorrentes. Assim, foi decidido criar um diálogo adicional para as experiências que fossem demasiado lentas a iniciar. Este diálogo pede ao utilizador para aguardar pelo início da experiência (Figura 4.67). Assim, foi possível disfarçar a quebra de desempenho da aplicação mantendo o utilizador informado do estado da aplicação, prevenindo possíveis erros fatais da aplicação.

Diálogos de permissão de uso da câmara

Antes do aparecimento dos diálogos de instruções, quando o utilizador clica no botão de RA, foi implementado o pedido de permissão de uso da câmara, por parte da App JBT, para que as experiências de RA possam funcionar corretamente. Caso este pedido fosse recusado, aparece uma mensagem chamada de *Toast*, que avisa o utilizador que não poderá usufruir de todas as funcionalidades da aplicação sem a permissão de acesso à câmara (Figura 4.68 (esquerda)). Após o segundo clique no botão de RA, aparece um

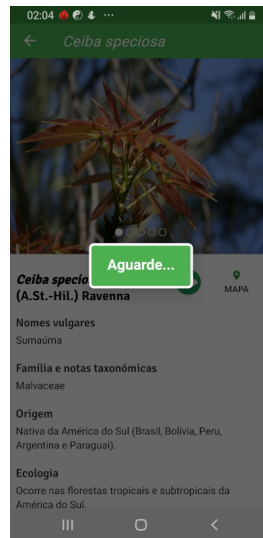


Figura 4.67: Diálogo de instruções que informa o utilizador que deverá aguardar

novo diálogo, diferente dos diálogos de instruções, que explica ao utilizador o porquê do uso da câmara na aplicação, referindo que a usa em experiências multimédia e de RA e que para executá-las corretamente, necessita de permissão de acesso à câmara (Figura 4.68 (direita)).

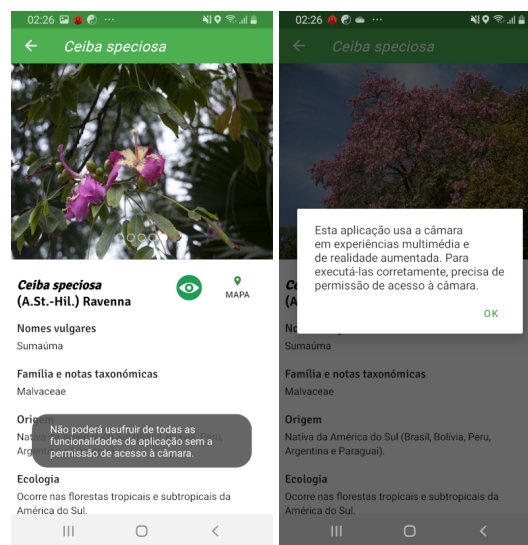


Figura 4.68: Mensagens informativas para o utilizador perceber o pedido de permissão de uso da câmara e a sua importância

4.3.4 Base de dados

Antes da criação da BD local, o código de cada tipo de experiência foi preparado para receber os dados vindos da BD, ou seja, foram criados os parâmetros a receber por cada tipo de experiência. Essa preparação foi essencial para se perceber e confirmar que conteúdos ou dados de configuração seriam realmente necessários para o correto funcionamento das experiências de RA e multimédia.

Quanto à BD local, foi criada através da biblioteca de persistência *Room*, do *Android*, que não é mais

do que camada de abstração sobre o *SQLite*. O *SQLite*, por sua vez, é uma BD leve, rápida e bastante usada em desenvolvimento de aplicações móveis. Esta estrutura permite um acesso fácil, robusto e rápido à BD, enquanto aproveita todo o potencial do *SQLite*.

Após criada a BD, inspirada na arquitetura descrita acima, a ligação entre a mesma e cada tipo de experiência é realizada nas classes criadoras das experiências de RA e multimédia, nas respetivas classes *Factory* (Figuras F.2 e F.5).

4.3.5 Servidor remoto

Com a disponibilização do servidor na Reitoria da ULisboa, o Stefan [95] criou e organizou o sistema descrito na figura 4.69.

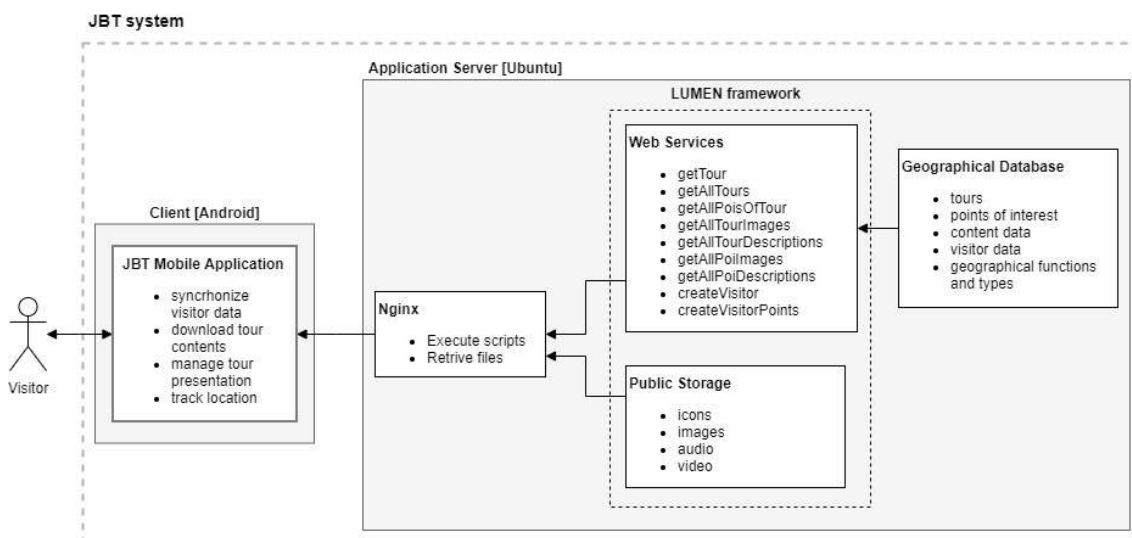


Figura 4.69: Arquitetura de sistema da App JBT [95]

Todo este processo foi primeiramente executado numa máquina virtual, com a criação do servidor para teste, com o objetivo de posterior migração para o servidor remoto na Reitoria.

Base de dados

Assim, tendo já o sistema implementado, foi criada a BD remota em *PostgreSQL*, a base de dados escolhida pelo Stefan [95] para melhor armazenamento de qualquer tipo de dados, incluindo geográficos. Esta BD, seria idêntica à BD local de modo a que os dados pudessem ser transferidos da BD remota para a local sem incoerências nem inconsistências.

Serviços web

Depois de criada e preenchida a BD, foi desenhado o diagrama de interação do cliente-servidor, necessário para a criação dos serviços web, e correto funcionamento da aplicação com os conteúdos vindos da BD remota. Assim, foram criadas todas as funções com as *queries* de captura dos dados para a criação das experiências. Estas funções são usadas pelos serviços *web*, onde estão definidos todos os pedidos de interação entre a aplicação e o servidor.

Ciente

No lado da aplicação, foram criados os pedidos de interação com o servidor. As respostas do servidor a esses pedidos são usadas por um gestor de *download* da Componente de RA. À medida que interage com o servidor remoto vai inserindo todos os dados na BD local de modo a reproduzir a mesma BD remota.

Este gestor de *download* foi iterativamente testado durante os testes feitos à aplicação e implementação da mesma. Foi testado até chegar ao nível de fiabilidade pretendido, de modo a que sempre que algum pedido falhasse ou alguma falha de escrita na BD acontecesse, todo o processo seria repetido de modo a verificar se todos os dados, necessários ao correto funcionamento das experiências de RA e multimédia, tinham sido descarregados e inseridos por completo.

Este gestor entrava em funcionamento sempre que a App JBT fosse descarregar os percursos e os seus conteúdos associados ao servidor remoto, assim que o utilizador clicasse em descarregar percurso (Figura 4.70a). Ao descarregar (Figura 4.70b), sempre que ocorresse uma falha aparecia a mensagem da figura 4.70c, pedindo ao utilizador para tentar novamente. Aí, o processo do gestor de *downloads* da Componente de RA era novamente ativado e verificaria para cada experiência, de cada PoI desse percurso, se todos os conteúdos tinham sido corretamente e completamente descarregados. Assim que os conteúdos estivessem totalmente descarregados o utilizador poderia começar o seu percurso (Figura 4.70d).

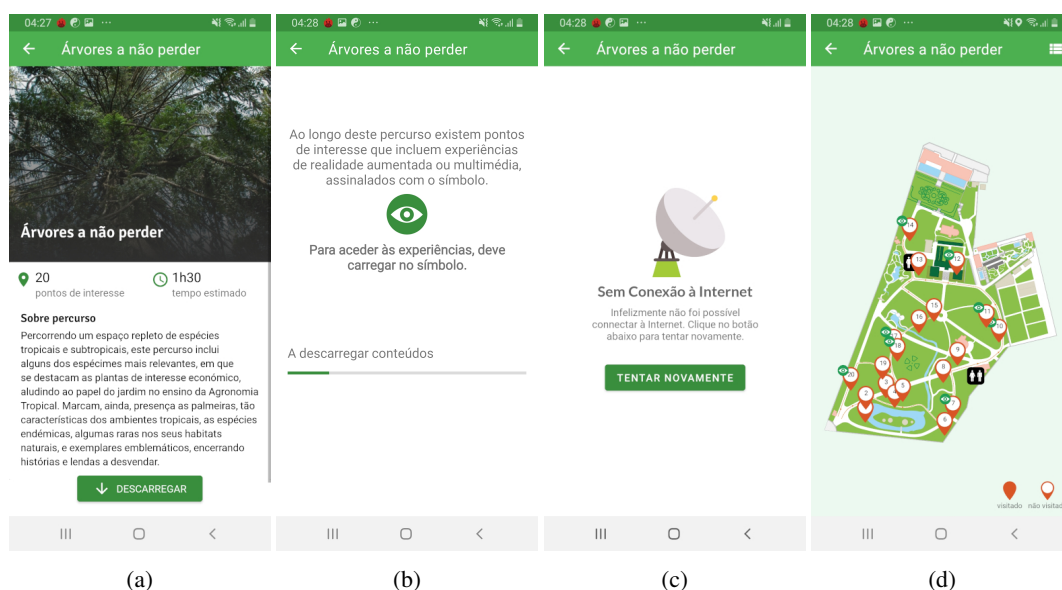


Figura 4.70: Descarregamento dos conteúdos do percurso “Árvores a não perder” da App JBT, juntamente com os conteúdos de RA

4.3.6 Paletes de cores

Cerca de 1 em cada 20 pessoas são daltónicas de alguma forma [91]. Mais especificamente, 1 em cada 12 homens e 1 em cada 200 mulheres sofrem desta condição [24]. De forma a dar uso às cores disponibilizadas pelos *designs* dos diversos ícones e componentes de IU da aplicação (Figura 4.71), criados pelo Tiago Ribeiro, foi decidido que a partir delas seria criada uma paleta de cores acessíveis para daltónicos.



Figura 4.71: Ícones e componentes de IU criados por Tiago Ribeiro para a App JBT

Por último, a paleta escolhida foi implementada em todos os conteúdos da aplicação, conteúdos de RA e componentes de IU quer da aplicação, quer de RA.

Daltonismo

Ter esta perturbação significa que um ou mais tipos de células cónicas nos olhos de uma pessoa daltónica, células que usamos para detetar as diferentes cores, não funcionam corretamente com a variação de certos comprimentos de onda da luz visível [91, 24]. Por essa razão, uma pessoa que sofre de daltonismo vê um espectro de cores reduzido. Duas cores que parecem diferentes para uma pessoa com visão cromática normal podem parecer as mesmas para uma pessoa que é daltónica [91].

Aproveitando o daltonismo forte sentido pelo autor deste documento, medido pelo teste da *Enchroma*, revela que sofre de uma forte dicromacia sob a forma de deuteranopia. A deuteranopia é um tipo de discromatopsia vermelho-verde no qual os cones verdes dos olhos detetam demasiada luz vermelha e insuficiente luz verde [43].

Por conseguinte, vermelho, amarelo, verde e castanho podem parecer semelhantes, especialmente em ambientes com pouca luminosidade [43]. Também pode ser difícil distinguir entre azul e roxo, ou rosa e cinzento [43].

As cores escolhidas pelo Tiago Ribeiro foram o vermelho, laranja, verde, azul, castanho e amarelo, as cores que o autor deste documento não conseguia distinguir eram entre o verde, o castanho e o vermelho. Desta forma, para que a paleta cobrisse também os outros tipos de daltonismo, a protanopia e a tritanopia, foi decidido usar uma ferramenta criada por *David Nichols* [91].

Este fenómeno não é aleatório. Matematicamente, existem linhas no espectro de cores, chamadas “linhas de confusão”, de modo que todas as cores numa linha de confusão parecem as mesmas para uma pessoa daltónica [91]. E é matematicamente que *David Nichols* replica este fenómeno para os três tipos de daltonismo. O objetivo desta ferramenta é tornar paletes de cores acessíveis para daltónicos. E fá-lo, permitindo ao utilizador da ferramenta comparar o contraste das diversas cores escolhidas, entre a visão “real”, visão com protanopia, deuteranopia e tritanopia. Como podemos ver na paleta exemplar, criada por *Bang Wong*, acessível para daltónicos [141] (Figura 4.72).

Assim, através da ferramenta, colocou-se sob teste as cores escolhidas pelo *designer* Tiago Ribeiro [101]. Como podemos ver na figura 4.73, o contraste existente na visão com protanopia e deuteranopia, entre o vermelho, verde e castanho, não é suficiente para pessoas com esse tipo de daltonismo as poderem

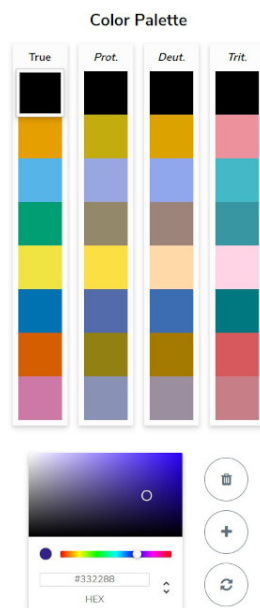


Figura 4.72: Paleta de *Bang Wong* usando a ferramenta de *David Nichols* [141]

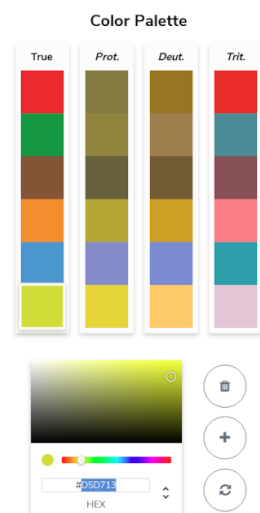


Figura 4.73: Paletes original da App JBT usando a ferramenta de *David Nichols* [101]

distinguir claramente. Também se pode verificar o mesmo para o contraste entre o azul e o verde para pessoas com tritanopia.

Após feita uma pesquisa sobre a paleta indicada para um jardim botânico tropical, encontrou-se uma, intitulada de *sunny & warm*, acessível para daltônicos [128] (Figura 4.74).

Esta foi ligeiramente alterada. A cor cinzenta-azulada substituiu o azul do *designer*, de modo a que o símbolo da ave não fizesse lembrar o logótipo do *Twitter*. Removida a cor bege. Adicionado o verde da paleta de *Bang Wong* para substituir o verde do *designer*. E criada uma cor preta-acinzentada para substituir o castanho do *designer*. Para finalizar, visto que foi pedido ao *designer* para redesenhar o símbolo do percurso lúdico, ainda não desenvolvido, foi adicionada uma cor laranja mais clara, de modo a que subtilmente pudesse ser distinguida por todos. Ficando assim com o contraste demonstrado na figura 4.75

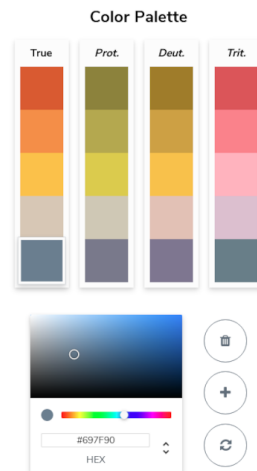


Figura 4.74: Paleta acessível a daltônicos *sunny & warm* usando a ferramenta de *David Nichols* [128]

[123]. Podemos ver que em todas as visões o contraste é sempre perceptível entre o vasto espectro de cores.

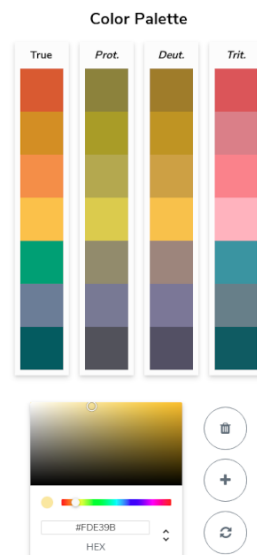


Figura 4.75: Paleta acessível a daltônicos da App JBT usando a ferramenta de *David Nichols* [123]

O mesmo foi feito para os verdes usados nos componentes de IU da aplicação e da RA [124] (Figura 4.76).

A paleta escolhida foi aplicada às cores da *Seekbar* das experiências de RA de lapso de tempo, substituindo as cores associadas a cada estação do ano ao longo da barra (Figura 4.44). Além disso, os dois verdes foram também aplicados. O verde claro para os diálogos de instruções, caixas de texto informativas e legendas das imagens das aves (Figuras 4.8 (esquerda), 4.45, 4.44 e 4.15). Branco para botões com fundo verde, ou seja, para os diálogos de instruções (Figura 4.8 (esquerda)). E verde escuro para os botões com outras cores de fundo, por exemplo, na interface de interação com as experiências de lapso de tempo, os botões de reprodução e pausa, seta esquerda e seta direita (Figuras 4.46 e 4.47). Existindo assim uma distinção das diferentes componentes de IU das experiências de RA.

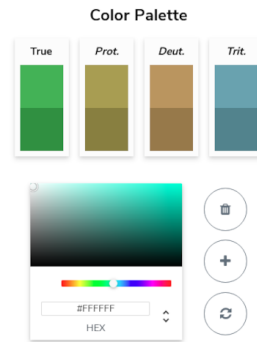


Figura 4.76: Paleta acessível a daltônicos dos verdes a usar na App JBT usando a ferramenta de *David Nichols* [124]

4.3.7 Sumário

Para integrar as experiências criadas na App JBT de forma mais natural, o desenvolvimento da App JBT foi continuamente acompanhado, onde existiu uma contribuição e entreaajuda para com o Stefan Postolache. Foi necessário criar a Componente de RA unificando todas as técnicas desenvolvidas.

Após isso, foi feita a ligação da componente de RA com a App JBT através da criação um botão de RA na interface das páginas dos PoI da App JBT. O início dos diálogos de instruções é ativado após o utilizador clicar no botão de RA de modo a focar o utilizador na leitura das instruções e poupando bateria porque a câmara está ainda desativada. Foram criados diálogos de permissão de uso da câmara com o objetivo de informar o utilizador do porquê da utilização da câmara na App JBT.

A criação da base de dados foi essencial para armazenar e aceder facilmente aos conteúdos necessários ao correto funcionamento das experiências de RA.

De modo a que a App JBT não consumisse demasiado espaço de armazenamento no dispositivo móvel dos utilizadores optou-se por criar um base de dados remota da qual os utilizadores descarregariam os percursos à medida que os quisessem consultar. Para aceder a estes dados criaram-se serviços web e preparou-se a Componente de RA para receber e guardar os dados vindos deste servidor remoto.

Por questões de acessibilidade, foi desenvolvida uma paleta de cores acessível a todos os tipos de daltonismo a ser usada na App JBT e na componente de RA.

Capítulo 5

Avaliação

Neste capítulo são descritos os testes realizados à solução desenvolvida.

Primeiro, são descritos os testes e demonstrações realizados com utilizadores fora do Jardim, quer na convenção científica *Encontro Ciência 2019*, quer em demonstrações informais ao longo do período de desenvolvimento da solução. Ambos essenciais para a versão final da solução.

De seguida, são descritos os testes realizados com os peritos que desenvolveram os conteúdos de cada percurso da App JBT no Jardim. Também eles essenciais para que a versão final estivesse correta e aprovada pelos mesmos.

Por último, é discutida a versão final da solução, já com as alterações sugeridas, tanto pelos peritos como pelos utilizadores.

5.1 Testes e demonstrações com utilizadores fora do Jardim

Os testes e demonstrações descritos nesta secção foram realizados durante o desenvolvimento da solução, tendo sido essenciais para diversas opções e alterações feitas na solução.

5.1.1 Encontro Ciência 2019

Realizou-se uma apresentação do protótipo da aplicação no *Encontro Ciência 2019*, que decorreu de 8 a 10 de julho no *Centro de Congressos de Lisboa*. Aí, foi possível fazer testes e demonstrações da aplicação e das experiências de RA já criadas, com cerca de 20 pessoas que passaram pela banca de FCUL. Dessas demonstrações, resultaram inúmeras opiniões e correções à aplicação e a todas as experiências de RA já criadas.

A maioria das críticas deveu-se à falta de perceção por parte dos utilizadores de como interagir com as experiências, mesmo após a leitura dos diálogos de instruções. Alguns utilizadores nem chegavam a ler os textos dos diálogos clicando prontamente no botão “OK” que existia nos diálogos de instruções, ignorando qualquer instrução, ficando perdidos durante a execução da experiência. Isto devia-se a outra crítica bastante importante, a de que os diálogos de instrução deveriam aparecer antes das experiências iniciarem, para que os utilizadores não ficassem distraídos com as experiências já em plano de fundo, ignorando ou não tomando atenção às instruções.

Ademais, na caixa de texto informativa da experiência das aves, sugeriram informar de melhor forma

que o utilizador tinha descoberto todas as aves, em vez de aparecer apenas, por exemplo, “7/7 aves descobertas”. Ainda sobre a experiência das aves sugeriram as imagens mudarem de cor, ou algum tipo de *feedback* das imagens das aves que já tinham sido descobertas.

Outra das críticas mais comuns, foi o tamanho de letra ser pequeno demais para alguns utilizadores serem capazes de ler os textos, quer dos diálogos de instruções, quer das caixas de texto informativas.

Das situações de maior destaque, esteve na experiência de alinhamento assistido por imagem, em que os utilizadores clicavam prontamente no botão *play* das imagens de assistência, mesmo quando liam com cuidado os diálogos de instruções, não alinhando a imagem de forma a ter uma melhor experiência de utilização e imersão.

5.1.2 Sessões informais

Após o *Encontro Ciência 2019* foram realizados testes e demonstrações com outros utilizadores, de forma eventual, como família, amigos, colegas do DI-FCUL. Na maioria dessas sessões, os utilizador de teste sugeriram que as experiências das aves seriam mais enriquecedoras se, em vez de as imagens estarem todas visíveis à partida poderiam aparecer as silhuetas das aves a preto com um ponto de interrogação, fazendo lembrar a série *Pokémon*. E após o clique do utilizador, aparecer a imagem a cores e o som da respetiva ave.

5.2 Testes com os peritos no Jardim

Já no final da implementação da solução, no 2º semestre de 2019, foram realizados testes com cada um dos peritos de cada percurso:

- “Árvores a não perder”: Prof.^a Cristina Duarte;
- “Jardim com história”: Ana Godinho Coelho Dotti de Carvalho;
- Aves: Ana Leal e César Garcia.

Nota para o teste do percurso “Árvores a não perder”, em que, a acompanhar a visita ao Jardim, estiveram os coordenadores do projeto da App JBT: a Prof.^a Dulce Domingues, pró-reitora da Universidade de Lisboa e docente do DI-FCUL; e o Prof. José Manuel Pinto Paixão, vice-reitor da Universidade de Lisboa.

5.2.1 Percurso “Árvores a não perder”

Nesta sessão de teste, foi dado ênfase às experiências do percurso “Árvores a não perder”, as experiências alinhamento assistido por imagem com vídeo (Esquilo, Araucária) ou com sequência de imagens (lapso de tempo) e de reprodução de vídeo (“Do Grão à Chávena”).

O primeiro reparo a ser dado deveu-se ao facto de os participantes neste teste não terem o volume multimédia ligado ou alto o suficiente para perceberem que a experiência tinha áudio a ser reproduzido. Tendo de ser advertidos de que deveriam aumentar o volume multimédia do dispositivo móvel para desfrutar da experiência na sua totalidade.

Outra crítica feita pelos participantes foi relativa à rapidez de transição entre imagens das experiências de lapso de tempo, estando na altura com 0.5 segundos de tempo visível de cada imagem.

Para finalizar, os participantes experimentaram as restantes experiências dos percursos “Jardim com história” e das aves, sendo que, o Prof. José Manuel Pinto Paixão deu ênfase para a falta de informação ou *feedback* na experiência de reconhecimento dos azulejos do Jardim, do percurso “Jardim com história”. Nesta experiência não se percebe se o dispositivo está ou não a reconhecer a imagem alvo, neste caso o azulejo, prejudicando a experiência do utilizador, não conseguindo visualizar na totalidade, ou de forma contínua, o vídeo que aparece quando a imagem alvo é reconhecida. Sugeriu-se a colocação de algum aviso de tentativa de reconhecimento ou algo parecido com as aplicações de reconhecimento de códigos *QR*.

5.2.2 Percurso “Jardim com história”

Neste teste deu-se ênfase às experiências de reconhecimento e rastreamento de imagem e marcas do percurso (Painel do Palácio da Calheta e Painel das Árvores), assim como às experiências de alinhamento assistido por imagem com vídeo (Painel do Leão e Casa da Direção).

Assim, a perita notou que na experiência de reconhecimento do azulejo da árvore com os animais, a vegetação tapava parte do azulejo impossibilitando a correta visualização ou mesmo impossibilitando visualizar qualquer parte do vídeo, sendo que a vegetação impedia o reconhecimento e rastreamento do azulejo.

A respeito das restantes experiências dos percursos “Árvores a não perder” e das aves, notou que nas experiências das aves, apesar de na altura existir apenas um diálogo de instruções a explicar sucintamente a experiência, não conseguiu compreender como posicionar o dispositivo móvel de modo a procurar as aves.

5.2.3 Percurso das Aves

Os peritos do percurso das aves, alertaram para o posicionamento das imagens das aves, corrigindo o seu tamanho, a sua posição e a sua altura, dependendo do local habitual de observação das respetivas aves, na relva, nas árvores ou no ar, assim como em cima de edifícios, como as corujas e as andorinhas.

5.3 Discussão

Todos os testes e demonstrações descritos acima foram essenciais para perceber que funcionalidades e componentes das experiências de RA e multimédia precisavam de alterações ou melhorias de modo a providenciar o utilizador de uma experiência de utilização ideal à correta utilização das experiências criadas.

5.3.1 Tamanho de letra

A primeira alteração efetuada foi um aumento do tamanho de letra de todos os componentes e conteúdos das experiências de RA e multimédia, de maneira a que os utilizadores não tivessem dificuldade na leitura dos componentes e conteúdos das várias experiências. Esse tamanho de letra foi o demonstrado em todas as imagens de diálogos, caixas de texto informativas e legendas das aves até agora.

5.3.2 Diálogos de instruções

Seguidamente, realizaram-se alterações nos diálogos de instruções, componente indispensável e responsável pela compreensão do utilizador do funcionamento dos vários tipos de experiências.

Botões

Foi decidido usar, idealmente, apenas uma palavra para todos os botões utilizados.

Contrariando o botão “Já vi”, usado nas versões de teste com utilizadores, essa expressão foi substituída por “Encontrei”, em todos os diálogos que se pede ao utilizador para procurar algum local ou espécie no Jardim (Figuras 4.8 (esquerda), 4.8 (direita) e 4.51). Desta forma, mesmo que o utilizador não fosse ler o conteúdo do diálogo, ao ver o botão, aumenta a curiosidade sobre o que tem de encontrar e poderá ler com atenção o diálogo.

O mesmo se aplicou para os botões com a expressão “OK”, usando o mesmo pensamento, ao substituí-la por “Percebi”, sugere ao utilizador que terá que perceber algo antes de clicar no botão, poderá ler com mais atenção o texto do diálogo (Figura 4.9, 4.21 (esquerda) e 4.52).

Ademais, devido à falta de compreensão da perita do percurso “Jardim com história” do funcionamento das experiências das aves, foi criado um botão de ajuda no diálogo de instruções das aves, com um texto extenso e mais descritivo de como interagir e mover o dispositivo na experiência de RA (Figura 4.21 (direita)).

Textos

Além disso, os textos dos diálogos foram melhorados, de forma a serem mais claros e descritivos de como interagir com a experiência. Os textos finais são os mesmos que aparecem em qualquer imagem dos diálogos de instruções do capítulo anterior.

Volume multimédia

Ainda, foram criados diálogos com o ícone de som, criado por Tiago Ribeiro, em que o utilizador é alertado de que deve aumentar o volume multimédia do dispositivo móvel, em todas as experiências com conteúdo de vídeo ou que contém áudio para ser ouvido, como as experiências das aves (Figura 4.7).

Por último, como já explicado juntamente com comparações de velocidade de descarregamento de bateria no capítulo anterior, todos os diálogos de instruções foram implementados para surgir antes das experiências iniciarem, de modo a que os dispositivos não gastassem a bateria desnecessariamente enquanto o utilizador lia e interagía com os diálogos, não ficando distraído com o início das experiências em plano de fundo (Figura 4.66).

5.3.3 Experiências das aves

Foram realizados os ajustes de posicionamento, tamanho e altura das imagens das aves, sugeridos pelos peritos.

Mensagem de sucesso

No percurso das aves, em cada uma das experiências de procura das aves, foi criada uma mensagem de sucesso que aparece na caixa de texto informativo assim que o utilizador clicar em todas as aves. Dando ao utilizador a clara imagem e percepção de que conseguiram completar o objetivo da experiência, congra-

tulando o utilizador por descobrir todas as aves dessa área de interesse (Figura 4.18). Esta funcionalidade teve inspiração na aplicação *Plants with Bite* do capítulo 2.

Imagens das aves e silhuetas com ponto de interrogação

Além disso, foi decidido, em reunião, que seria uma mais valia para a experiência, todas as imagens das aves começarem a preto, como sugerido pelos utilizadores. Ou seja, apenas a silhueta da ave, de início, com um ponto de interrogação no centro da legenda, para que o utilizador tenha o incentivo de as descobrir clicando nas imagens. Assim, a mensagem de ajuda seria apenas um complemento a esta experiência, visto que o ponto de interrogação e as imagens a negro sugerem o toque do utilizador pelo despertar do interesse do que esconde aquele ponto de interrogação (Figura 4.19).

Após o clique, aparece a nova imagem a cores, juntamente com a legenda, iniciando a reprodução do seu som associado (Figuras 4.20).

5.3.4 Experiências de alinhamento assistido por imagem

Botão de alinhamento

Para solucionar a questão de os utilizadores não alinharem as imagens de assistência e clicarem prontamente no botão *play* das mesmas, foi decidido utilizar um botão com o texto “Alinhei”. Este botão foi criado com o objetivo de que utilizadores leiam e tenham o impulso de alinhar com o objeto ou local real, clicando apenas quando tiverem alinhado. Pode ver-se o resultado nos exemplos da figura 4.50.

Com lapso de tempo

O valor da velocidade da experiência foi atualizado para 1 segundo, ficando com o tempo visível de cada imagem ideal para o utilizador a poder observar e ter tempo suficiente para notar as diferenças sem ficar aborrecido com a sequência de imagens. Sendo que, se quiser observar cada imagem com maior pormenor, poderá parar a experiência e, manualmente, mudar para as imagens seguintes ou anteriores através dos botões da interface de lapso de tempo.

5.3.5 Experiências de reconhecimento e rastreamento dos azulejos

Imagem de assistência ao reconhecimento e rastreamento da imagem alvo

De modo a resolver o problema levantado pelo Prof. José Manuel Pinto Paixão, foi decidido criar uma imagem PNG transparente, de assistência ao reconhecimento e rastreamento de imagens e marcas, apenas com os 4 cantos assinalados a branco, parecida com as aplicações de códigos *QR* e inspirada nas aplicações *EduPARK*, *Plants with Bite* e *UnifiedAR* do capítulo 2 (Figura 5.1).

Essa imagem foi implementada nas experiências de reconhecimento e rastreamento de imagens e marcas de forma a aparecer centrada. Esta configuração iria dar a sensação de que a câmara do dispositivo móvel está a focar algo.

Por fim, para que o utilizador esteja sempre ciente do que é pretendido com esse foco, foi adicionada uma caixa de texto informativa ao centro do ecrã, informando o utilizador de que tem de apontar a câmara



Figura 5.1: Imagem de assistência de reconhecimento e rastreamento de imagens e marcas

para a imagem alvo, mostrada nos diálogos de instruções anteriores ao início da experiência. Também, esta componente, inspirada na aplicação *EduPark* do capítulo 2.

Assim, sempre que o utilizador apontar para a imagem alvo pretendida, e a ferramenta a reconhecer e a rastrear, estas duas componentes desaparecem. Quando a imagem alvo deixar de ser reconhecida e rastreada, as duas componentes reaparecem, informando o utilizador de que a ferramenta está a tentar reconhecer a imagem alvo novamente. Sendo o resultado final o que se pode verificar na figura 5.2.



Figura 5.2: Exemplo de experiência de reconhecimento e rastreamento de imagens e marcas com novas componentes de assistência

Melhoria das imagens alvo

Após se ter informado os responsáveis do Jardim de que a vegetação do lago das serpentes tapava parte do azulejo da árvore dos animais, foi pedido que fosse sempre podada.

Para não dar hipótese de a imagem alvo ser reconhecida com dificuldade ou nem ser reconhecida, na eventualidade de não ser possível podar a vegetação, foram capturadas novas fotografias dos azulejos da árvore dos animais e do azulejo do Palácio dos Condes da Calheta, e editadas de modo a não reduzir a qualidade e resolução das mesmas, e manter a luminosidade ideal, de modo a que as novas imagens alvo sejam reconhecidas e rastreadas independentemente das condições atmosféricas ou de vegetação, de forma rápida e eficaz (Figura 5.3).



(a) Azulejo do Palácio dos Condes da Calheta



(b) Azulejo da árvore dos animais do lago das serpentes

Figura 5.3: Imagens alvo novas e otimizadas a serem usadas em cada uma das experiências

Capítulo 6

Conclusão

Neste trabalho foram concebidas e desenvolvidas experiências de RA e multimédia integradas na App JBT. Para este efeito, foram identificadas ferramentas de domínio público que deram suporte à implementação das técnicas de alinhamento de RA consideradas adequadas para as experiências a oferecer no ambiente do JBT. No decurso do trabalho houve ainda colaboração no processo de desenho e implementação de outros aspetos da aplicação, nomeadamente, a determinação da localização baseada em GPS, a escolha do tipo de mapa e da interface da aplicação.

Neste último capítulo são descritas as competências adquiridas, os desafios encontrados no decorrer do trabalho e, para finalizar, o trabalho a ser desenvolvido no futuro.

6.1 Competências adquiridas

- Desenvolvimento de software, a análise do problema, a recolha de requisitos, o desenho e implementação postos em prática possibilitaram um ganho de experiência e aprendizagem que em muito irão beneficiar a carreira profissional;
- Conhecimento ganho do mundo da RA, das ferramentas necessárias a produzir experiências, às diversas técnicas usadas e ambientes de desenvolvimento que facilitam a sua criação. Assim como, no caso deste projeto, a implementação de diversas ferramentas, no sistema operativo *Android*. E a sua “fusão” na Componente de RA desenvolvida e o uso de padrões que melhoram a sua usabilidade e a tornam extensível;
- Tudo isto seria impossível sem o conhecimento adquirido sobre o desenvolvimento em *Android*, assim como a criação da base de dados *SQLite* através da camada de abstração *Room*. A implementação e uso de várias bibliotecas pesquisadas que contribuíram para o correto funcionamento da solução desenvolvida para este projeto.
- Foi ganha experiência na criação e preenchimento de uma base de dados *PostgreSQL* num servidor remoto. Assim como a criação dos serviços da Web necessários à criação das experiências de RA e multimédia;
- Foi ganha experiência de fotografia com todas as sessões semanais realizadas durante o período de 1 ano;

- Durante o desenvolvimento deste projeto, foi possível aprimorar o uso de um conjunto de ferramentas que poderão ser úteis no futuro. Como edição de imagens usando o *Inkscape* e *GIMP*. Edição de vídeos com o *Kdenlive*. Edição de ficheiros de áudio com o *Audacity*. Ademais, aprendeu-se a usar sistemas de informação geográfica como o *ArcGIS* e o *QGIS*;
- O conhecimento ganho sobre o daltonismo e como tornar qualquer paleta de cores acessível;
- O crescimento e aprendizagem ganhos ao trabalhar numa equipa numerosa, com uma equipa de informática não tão extensa e conseguir desenvolver um enorme projeto que envolveu pessoas de variadas áreas da ciência. Tudo isto levou ao desenvolvimento de competências comunicativas e sociais, cumprimento de prazos e crescimento ao nível psicológico do emocional e da importância e diferença que a nossa opinião poderá fazer nas tomadas de decisão.

6.2 Desafios encontrados

Um dos grandes desafios deste projeto foi trabalhar numa extensa equipa de diversas áreas. Assim, o grande desafio foi discutir várias opções e caminhos que se podia tomar durante o desenvolvimento da solução, em diversas reuniões, testes e demonstrações, de modo a que a solução estivesse sempre de acordo com os requisitos pretendidos.

Para além disso, a organização e criação de todos os conteúdos dos percursos e das experiências de RA e multimédia, as imagens, vídeos e ficheiros de áudio, foi também desafiante.

Outro dos grandes desafios foi ter de abandonar uma das plataformas testadas, que implementava as técnicas de RA requeridas, por restrições de orçamento para aquisição de licenças de software. Como consequência, foi necessário escolher as melhores ferramentas com o orçamento disponível para poder criar as experiências.

Ainda, ter de criar uma nova ferramenta de alinhamento assistido por imagem, juntamente com o gestor de conteúdos e caixas de texto informativas funcionais para qualquer tipo de experiência. E por fim, ter de juntar as três ferramentas numa única componente de RA.

O último grande desafio foi a implementação do gestor de *downloads* e correto funcionamento e descarregamento total dos conteúdos de RA em qualquer tipo de situação, quer na perda de rede, pacotes ou erros inesperados, assim como erros de escrita na base de dados e correta sincronização na inserção dos conteúdos na base de dados, permitindo garantir fiabilidade total desta componente.

6.3 Trabalho futuro

Muitas das aplicações exploradas no capítulo 2 tinham a função de o utilizador poder criar ele próprio as experiências de RA. Esta funcionalidade poderia ser desenvolvida no futuro, ou seja, permitir que haja uma aplicação suplementar ou apenas uma funcionalidade adicional da aplicação apenas acedida pelos funcionários do jardim, para poderem criar, adicionar ou remover experiências.

Duas das aplicações do capítulo 2 deram uma visão do futuro, e da possibilidade de expansão desta aplicação para outros jardins e/ou museus, da cidade, do país ou até do mundo. Tendo esta aplicação sido desenvolvida com a possibilidade de poder ser facilmente extensível e adaptável pelo jardim e por outros

jardins ou museus interessados. Poderão ser adicionados novos tipos de experiências de RA com a evolução desta tecnologia e dos dispositivos móveis.

Uma funcionalidade a considerar é a inserção de um botão de ajuda “?” no canto superior direito de cada experiência de forma a que o utilizador possa visualizar novamente os os diálogos de instruções.

Ainda, novas ideias de temas dentro do percurso “Jardim com história”, com inspiração na aplicação do capítulo 2, *Zeitfenster* (sub-subsecção 2.3), relacionadas com uma viagem ao passado, usando as fotografias antigas da Rua da Índia com um elefante oferecido a Portugal e ainda no Jardim de Macau, onde as fotografias mostram a Rua de Macau a imitar uma rua típica desse local. Estas viagens ao passado poderiam ser criadas com a ferramenta de alinhamento assistido por imagem com recurso ao giroscópio, ao alinhar as imagens antigas com o local atual, o utilizador poderia explorar as imagens e comparar o passado com o presente.

Outra ideia, sugerida pelo Prof. José Manuel Pinto Paixão durante a visita de teste do percurso “Árvores a não perder”, foi criar experiências com os azulejos da floresta dos catos, um de um pavão e outro de um vaso com uma planta de 1932.

Bibliografia

- [1] Adobe. Edição de vídeo inovadora. <https://www.adobe.com/pt/products/premiere.html>, December 2018. Accessed: 4-12-2018.
- [2] Adobe. Reimagine a realidade. <https://www.adobe.com/pt/products/photoshop.html>, December 2018. Accessed: 4-12-2018.
- [3] José Gabriel Andrade and Patrícia Dias. A phygital approach to cultural heritage: augmented reality at regaleira. *Virtual Archaeology Review*, 11(22):15–25, 2020.
- [4] Sergio De Simone Andrii Zhuravlov-Galchenko. Six top tools to build augmented reality mobile apps. <https://www.infoq.com/articles/augmented-reality-best-skds>, May 2018. Accessed: 3-12-2018.
- [5] New Gen Apps. Making ar mainstream: 5 toolkits for augmented reality development. <https://www.newgenapps.com/blog/augmented-reality-development-toolkit-types-sdk>, October 2017. Accessed: 3-12-2018.
- [6] Unified AR. Augmented reality — unifiedar - turn offline on. <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.ar.unified>, August 2019. Accessed: 08-09-2019.
- [7] Unified AR. Making augmented reality easy. <https://www.unifiedar.com/>, August 2019. Accessed: 08-09-2019.
- [8] ARM23. arm23. <https://arm23.com/>, December 2018. Accessed: 08-09-2019.
- [9] ARM23. Keyart. <https://keyartapp.com/>, September 2019. Accessed: 08-09-2019.
- [10] ARPost. Top augmented reality sdks for developers. <https://arpost.co/2018/04/16/top-augmented-reality-sdks-developers/>, April 2018. Accessed: 3-12-2018.
- [11] artoolkit. Artoolkit5. <https://github.com/artoolkit>, January 2015. Accessed: 13-04-2020.
- [12] The Botanical Garden Association. Jardim botânico queen sirikit. http://www.qsbg.org/Garden_n.htm, September 2012. Accessed: 03-09-2019.
- [13] The Botanical Garden Association. Botanyar. <http://botanyar.com/>, June 2018. Accessed: 03-09-2019.

- [14] Audacity. Free, open source, cross-platform audio software. <https://www.audacityteam.org/>, May 2020. Accessed: 2-05-2020.
- [15] Elina Bessarabova. 6 best augmented reality sdks and frameworks. <https://themindstudios.com/blog/5-best-augmented-reality-sdks-and-frameworks/>, September 2018. Accessed: 18-10-2018.
- [16] bitstars. Droidar mobile locationbased augmented reality framework for android. <https://bitstars.github.io/droidar>, June 2019. Accessed: 22-06-2019.
- [17] Blender. Blender. <https://www.blender.org/>, December 2018. Accessed: 3-12-2018.
- [18] Erkan Bostanci, Nadia Kanwal, Shoaib Ehsan, and Adrian F Clark. User tracking methods for augmented reality. *International Journal of Computer Theory and Engineering*, 5(1):93, 2013.
- [19] Real Jardín Botánico. Real jardín botánico. <http://www.rjb.csic.es/jardinbotanico/jardin/index.php>, December 2018. Accessed: 9-12-2018.
- [20] Patrick Burkert. Eine app für die zeitreise in stuttgart. https://www.hdm-stuttgart.de/view_news?ident=news20120222113307, February 2012. Accessed: 10-10-2018.
- [21] CamScanner. Camscanner. <https://www.camscanner.com/>, December 2018. Accessed: 3-12-2018.
- [22] CEITID. Ar sut botanical garden. https://play.google.com/store/apps/details?id=com.CEIT_ID.SUTBotanicalGarden&hl=en_US, November 2016. Accessed: 03-09-2019.
- [23] Steve Coast. Openstreetmap. <https://www.openstreetmap.org/>, December 2018. Accessed: 1-12-2018.
- [24] RACHEL CRAVIT. How to use color blind friendly palettes to make your charts accessible. <https://venngage.com/blog/color-blind-friendly-palette/>, August 2019. Accessed: 16-06-2020.
- [25] Real Jardín Botánico (CSIC). Rjb museo vivo. https://play.google.com/store/apps/details?id=es.itskilled.rjbexperience&hl=es_419, April 2018. Accessed: 9-12-2018.
- [26] Filipe Barbosa da Cunha Mendes Elvas. Realidade aumentada aplicada a panoramas tácticos, dissertação para obtenção do grau de mestre em ciências militares navais na especialidade de marinha, 2018.
- [27] Quinta da Regaleira. Quinta da regaleira. <http://www.regaleira.pt/pt/>, December 2018. Accessed: 6-12-2018.

- [28] Quinta da Regaleira. Quinta da regaleira 4.0. https://play.google.com/store/apps/details?id=pt.regaleira.quintaregaleira&hl=pt_PT, April 2018. Accessed: 6-12-2018.
- [29] daqri. Professional grade ar - daqri. <https://daqri.com/>, May 2019. Accessed: 28-03-2020.
- [30] Instituto das Florestas e Conservação da Natureza. Jardim botânico da madeira. <https://ifcn.madeira.gov.pt/quintas-e-jardins/jardin-botanico-da-madeira-eng-rui-vieira.html>, December 2018. Accessed: 5-12-2018.
- [31] Câmara Municipal de Aveiro. Parque infante d. pedro. <https://www.cm-aveiro.pt/visitantes/arte-publica/paineis-azulejares/poi/parque-infante-d-pedro-98>, September 2019. Accessed: 07-09-2019.
- [32] Ministerio de Cultura Y Desporte Gobierno de España. Museo nacional de artes decorativas. <http://www.culturaydeporte.gob.es/mnartesdecorativas/portada.html>, September 2019. Accessed: 08-09-2019.
- [33] Museu Nacional de História Natural e da Ciência. Jardim botânico tropical. <https://www.museus.ulisboa.pt/pt-pt/jardim-botanico-tropical>, January 2018. Accessed: 15-11-2018.
- [34] Instituto de Investigação Científica Tropical. O jardim botânico. <http://www2.iict.pt/jbt/?idc=204>, January 2007. Accessed: 15-11-2018.
- [35] Università degli Studi di Padova. Orto botanico di padova. <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.unipd.ortobotanicopd>, December 2015. Accessed: 6-12-2018.
- [36] Google Developers. Versões da plataforma. <https://developer.android.com/about/dashboards/>, October 2018. Accessed: 3-12-2018.
- [37] Università di Padova. Orto botanico di padova. <http://www.ortobotanicopd.it/en>, December 2014. Accessed: 6-12-2018.
- [38] Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Jardim botânico do rio de janeiro. <http://www.jbrj.gov.br/>, December 2018. Accessed: 5-12-2018.
- [39] Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Jardim botânico rj. <https://play.google.com/store/apps/details?id=br.gov.jbrj.visitante>, December 2018. Accessed: 5-12-2018.
- [40] EDC. Rewind cities. <https://www.edc.pt/portfolio/rewind-cities/>, 2020. Accessed: 02-09-2020.
- [41] EduPARK. Edupark. <http://edupark.web.ua.pt/>, December 2018. Accessed: 07-09-2019.

- [42] EduPARK. Edupark. https://play.google.com/store/apps/details?id=pt.ua.edupark&hl=en_US, July 2019. Accessed: 07-09-2019.
- [43] enchroma. Welcome to the enchroma color blind test. <https://enchroma.com/pages/test>, June 2020. Accessed: 16-06-2020.
- [44] Esri. Arcgis. <https://www.arcgis.com/index.html>, December 2018. Accessed: 1-12-2018.
- [45] Steven Feiner, Blair Macintyre, and Dorée Seligmann. Knowledge-based augmented reality. *Commun. ACM*, 36(7):53–62, July 1993.
- [46] Alexander José Pereira Fernandes. Soluções para alinhamento em realidade aumentada móvel, dissertação/projeto do mestrado em engenharia informática do di-ful, 2018.
- [47] Arturo Moreno Cangas & Cristina Regidor Fernández. La cocina valenciana ar - ar app for a museum. <https://www.behance.net/gallery/65540443/La-cocina-valenciana-AR-AR-App-for-a-Museum>, June 2018. Accessed: 08-09-2019.
- [48] Apache Software Foundation. 1.7. futon: Web gui administration panel. <http://docs.couchdb.org/en/1.6.1/intro/futon.html>, December 2017. Accessed: 4-12-2018.
- [49] freesound. freesound. <https://freesound.org/>, May 2020. Accessed: 2-05-2020.
- [50] Mark from zapworks. Alpha video in studio. <https://forum.zap.works/t/alpha-video-in-studio/604>, May 2017. Accessed: 26-04-2020.
- [51] Dr. Michael J. Garbade. Top 4 open source augmented reality sdks. <https://opensource.com/article/18/6/open-source-augmented-reality-sdks>, June 2018. Accessed: 03-12-2018.
- [52] Chicago Botanic Garden. Gardenguide. <https://play.google.com/store/apps/details?id=org.chicagobotanic.GardenGuide>, July 2017. Accessed: 6-12-2018.
- [53] Chicago Botanic Garden. Rancho santa ana botanic garden. https://play.google.com/store/apps/details?id=co.theguru.rsabg&hl=en_US, September 2018. Accessed: 6-12-2018.
- [54] Rancho Santa Ana Botanic Garden. Rancho santa ana botanic garden. <https://www.rsabg.org/>, December 2018. Accessed: 6-12-2018.
- [55] The Alnwick Garden. We are a garden for everyone. <https://www.alnwickgarden.com/>, August 2019. Accessed: 06-09-2019.
- [56] garten.ch. Zaubergarten – augmented reality im garten. <https://www.garten.ch/zaubergarten-augmented-reality-im-garten>, July 2018. Accessed: 10-10-2018.

- [57] Zeitfenster GbR. Zeitfenster. leipzig. <https://play.google.com/store/apps/details?id=de.zeitfensterapp.leipzig>, June 2018. Accessed: 11-12-2018.
- [58] geniusforapp. Simple alert dialog with fancy style. <https://github.com/geniusforapp/fancyDialog>, May 2019. Accessed: 20-04-2020.
- [59] GIMP. The free & open source image editor. <https://www.gimp.org/>, September 2020. Accessed: 25-09-2020.
- [60] GlobalStats. Mobile operating system market share worldwide. <https://gs.statcounter.com/os-market-share/mobile/worldwide/2018>, December 2018. Accessed: 10-04-2020.
- [61] Nitin Gohel. 10 best ar sdks for android and ios augmented reality games app development in 2018. <https://www.digifloor.com/best-ar-sdk-android-ios-07>, July 2018. Accessed: 15-10-2018.
- [62] Google. An extensible media player for android. <https://github.com/google/ExoPlayer>, June 2014. Accessed: 13-05-2020.
- [63] Google. Build the future. <https://developers.google.com/ar/>, September 2019. Accessed: 09-09-2019.
- [64] Google. Easily integrate camera features into your android app. <https://github.com/google/cameraview>, January 2019. Accessed: 18-04-2020.
- [65] Google. Google earth timelapse. <https://earthengine.google.com/timelapse/>, March 2019. Accessed: 10-05-2020.
- [66] GuidiGo. Create unforgettable experiences. <https://www.guidigo.com/ar#>, September 2019. Accessed: 09-09-2019.
- [67] GuidiGo. Create unforgettable experiences. <https://www.guidigo.com/>, September 2019. Accessed: 09-09-2019.
- [68] Peldi Guilizzoni. Balsamiq. <https://balsamiq.com/>, December 2018. Accessed: 2-12-2018.
- [69] Tien-Chi Huang, Chia-Chen Chen, and Yu-Wen Chou. Animating eco-education: To see, feel, and discover in an augmented reality-based experiential learning environment. *Computers & Education*, 96:72–82, 2016.
- [70] iBoson Innovations. Walk with the future! <https://www.ibosoninnov.com/>, December 2018. Accessed: 08-09-2019.
- [71] iBoson Innovations. Unitear. <https://www.unitear.com/>, August 2019. Accessed: 08-09-2019.

- [72] iBoson Innovations. Unitear: Create augmented reality. <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.ibosoninnov.unitear>, August 2019. Accessed: 08-09-2019.
- [73] Peel Interactive. A giant adventure at the alnwick garden. https://play.google.com/store/apps/details?id=com.peelinteractive.alnwickgiant&hl=en_US, October 2018. Accessed: 06-09-2019.
- [74] What Font Is. Find any font from any image. <https://github.com/Jay-Goo/RangeSeekBar>, September 2019. Accessed: 13-05-2020.
- [75] Jay-Goo. A beautiful and powerful seekbar that supports single, range, steps, vetical and custom. <https://github.com/Jay-Goo/RangeSeekBar>, September 2019. Accessed: 11-05-2020.
- [76] Kdenlive. Alpha operations. https://userbase.kde.org/Kdenlive/Manual/Effects/Alpha_manipulation/Alpha_operations, September 2019. Accessed: 26-04-2020.
- [77] Kdenlive. Open source video editor. free and easy to use for any purpose, forever. <https://kdenlive.org>, April 2020. Accessed: 24-04-2020.
- [78] kobel garten.ch. Zaubergarten 2018. <http://www.kobel-garten.ch/giardina/zaubergarten-2018/>, November 2018. Accessed: 15-11-2018.
- [79] KRION. Krion® en el centro de ciencia del café. <https://www.krion.com/es/noticias/krion-en-el-centro-de-ciencia-del-cafe>, September 2014. Accessed: 13-05-2020.
- [80] Kudan. Pricing and license of kudan ar sdk, kudan cv sdk. <https://www.xlsoft.com/en/products/kudan/price.html>, December 2018. Accessed: 3-12-2018.
- [81] Nazan Kuter and Semih Kuter. Accuracy comparison between gps and dgps: A field study at metu campus. *Italian Journal of Remote Sensing*, 42(3):3–14, 2010.
- [82] Philip Lamb. Artoolkit5. <https://github.com/artoolkit/ARToolKit5>, May 2015. Accessed: 28-03-2020.
- [83] Univeritat Leipzig. Zeitfenster univeritat leipzig. <https://zeitfenster.uni-leipzig.de/>, December 2018. Accessed: 11-12-2018.
- [84] Macaulay Library. Macaulay library. <https://www.macaulaylibrary.org/>, May 2020. Accessed: 2-05-2020.
- [85] Diário de Notícias Lusa. Jardim botânico tropical ao abandono. <https://www.dn.pt/artes/interior/jardim-botanico-tropical-ao-abandono-5765680.html>, April 2017. Accessed: 15-11-2018.

- [86] Rui Martins. Jardim botânico tropical: 30 patos a menos. <http://cidadanialx.blogspot.com/2016/10/jardim-botanico-tropical-30-patos-menos.html>, October 2016. Accessed: 15-11-2018.
- [87] MAXST. Sdk license. <https://developer.maxst.com/Pricing>, December 2018. Accessed: 3-12-2018.
- [88] Meshroom. Meshroom. <https://alicevision.github.io/#meshroom>, December 2018. Accessed: 3-12-2018.
- [89] Microsoft. O que é um aplicativo da uwp (plataforma universal do windows)? <https://docs.microsoft.com/pt-br/windows/uwp/get-started/universal-application-platform-guide>, May 2018. Accessed: 12-02-2020.
- [90] Gleb B. Mykola V. Best tools for building augmented reality mobile apps. https://rubygarage.org/blog/best-tools-for-building-augmented-reality-mobile-apps?cm_mc_uid=59415887045615022368001&cm_mc_sid_50200000=1502236800, February 2018. Accessed: 3-12-2018.
- [91] David Nichols. David nichols uconn math phd alumnus. <https://davidmathlogic.com/>, June 2020. Accessed: 16-06-2020.
- [92] NOAA. What is lidar? <https://oceanservice.noaa.gov/facts/lidar.html>, June 2018. Accessed: 2-12-2018.
- [93] Anatoly Ovchinnikov. Augmented reality mobile sdks overview. <https://shakuro.com/blog/augmented-reality-mobile-sdks-overview>, June 2017. Accessed: 03-12-2018.
- [94] Flávio Pereira, Daniel Castro Silva, Pedro Henriques Abreu, and António Pinho. Augmented reality mobile tourism application. In *New Perspectives in Information Systems and Technologies, Volume 2*, pages 175–185. Springer, 2014.
- [95] Stefan Postolache. Play jbt – mobile application for the tropical botanical garden of lisbon, dissertação/projeto do mestrado em informática do di-fcul, 2019.
- [96] Sanket Prabhu. Augmented reality sdks in 2018: Which are the best for development. <http://www.arreverie.com/blogs/best-augmented-reality-sdk-in-2018/>, December 2017. Accessed: 3-12-2018.
- [97] PTC. Ptc acquires vuforia. <https://www.ptc.com/en/about/vuforia>, November 2015. Accessed: 17-02-2020.
- [98] Richard Radios. Yf-1065 digital light meter. <http://www.richardsradios.co.uk/%20robin/YF-1065.pdf>, December 2018. Accessed: 14-12-2018.

- [99] Geeks Read. Top 10 augmented reality sdks in 2018. <https://www.geeksread.com/top-10-augmented-reality-sdks-2018/>, September 2018. Accessed: 18-10-2018.
- [100] PortaldoJardim.com Redacção. Jardim botânico tropical. <http://www.portaldojardim.com/pdj/2009/07/22/jardim-botanico-tropical-2>, July 2009. Accessed: 15-11-2018.
- [101] Tiago Ribeiro. Paleta original. <https://davidmathlogic.com/colorblind/#%23ED1C24-%2326963C-%23855232-%23F68712-%23419BD2-%23D5D713>, June 2020. Accessed: 16-06-2020.
- [102] Clément Ronzon. The world coordinate converter. <https://twcc.fr/#>, December 2018. Accessed: 2-12-2018.
- [103] André Rosa. Lisboa tem um jardim com esquilos aberto todo o ano. <https://www.evasoes.pt/ar-livre/jardim-botanico-tropical-lisboa-tem-um-jardim-com-esquilos-aberto-todo-o-ano/>, February 2018. Accessed: 15-11-2018.
- [104] Liliana Santos, Nuno Silva, Rui Nóbrega, Rubim Almeida, and António Coelho. An interactive application framework for natural parks using serious location-based games with augmented reality. In *VISIGRAPP (I: GRAPP)*, pages 247–254, 2020.
- [105] Raffaele Schiavullo. The best 8 augmented reality sdk for android and ios to use in industrial applications. <https://twittertechnews.com/virtualreality/the-best-8-augmented-reality-sdk-for-android-and-ios-to-use-in-industrial-applications/>, December 2017. Accessed: 01-12-2018.
- [106] Dieter Schmalstieg and Tobias Hollerer. *Augmented reality: principles and practice*. Addison-Wesley Professional, 2016.
- [107] Pavel Semak. Android video player with alpha channel (chroma key) support. <https://github.com/pavelsemak/alpha-movie>, March 2017. Accessed: 18-04-2020.
- [108] simon heinen. Network graph. <https://github.com/simon-heinen/droidar/network>, August 2017. Accessed: 29-03-2020.
- [109] Hemendra Singh. Best augmented reality sdk for augmented reality development. <https://www.whatech.com/mobile-apps/blog/archive/462430-best-augmented-reality-sdk-for-augmented-reality-development>, April 2018. Accessed: 15-10-2018.
- [110] Waiprib Studio. Botanyar. https://play.google.com/store/apps/details?id=org.qsbg.botanyar&hl=en_US, June 2018. Accessed: 03-09-2019.
- [111] Waiprib Studio. Botanyar. http://qsbg.waiprib.com/botany_ar_assets/marker.pdf, June 2018. Accessed: 03-09-2019.

- [112] sut.ac.th. Suranaree university of technology. <http://www.sut.ac.th/2012/en/>, January 2012. Accessed: 03-09-2019.
- [113] sut.ac.th. Cerimônia de abertura do jardim botânico do sut. <http://rspg.sut.ac.th/index.php/2013-03-30-06-20-38/14-sample-data-articles/128-sut-botanical-garden>, March 2017. Accessed: 03-09-2019.
- [114] Royal Botanic Garden Sydney. Plants with bite - royal botanic garden sydney. https://play.google.com/store/apps/details?id=com.specialistapps.PlantsWithBite&hl=en_US, October 2018. Accessed: 06-09-2019.
- [115] Royal Botanic Garden Sydney. Royal botanic garden sydney. https://play.google.com/store/apps/details?id=com.specialistapps.rbgs&hl=en_US, November 2018. Accessed: 6-12-2018.
- [116] Royal Botanic Garden Sydney. Royal botanic garden sydney. <https://www.rbgsyd.nsw.gov.au/>, November 2018. Accessed: 6-12-2018.
- [117] symbianos.org. The symbian operating system. <https://www.symbianos.org/>, December 2016. Accessed: 28-03-2020.
- [118] Gaurav Taywade. Best available sdk for developing ar applications. <https://arvrjourney.com/best-ar-sdk-for-developing-ar-applications-560b8222f0fa>, November 2017. Accessed: 03-12-2018.
- [119] QGIS Development Team. Qgis. <https://www.qgis.org>, December 2018. Accessed: 1-12-2018.
- [120] Spika Tech. La cocina valenciana ar. https://play.google.com/store/apps/details?id=com.MuseoArtes.myapp&hl=en_US, June 2018. Accessed: 08-09-2019.
- [121] thinkmobiles. Best ar sdk for development for ios and android in 2018. <https://thinkmobiles.com/blog/best-ar-sdk-review/>, May 2018. Accessed: 3-12-2018.
- [122] toolur. Online photo resizer and image optimizer. <https://compressimage.toolur.com/>, December 2017. Accessed: 10-05-2020.
- [123] Rafael Torres. Paleta acessível. <https://davidmathlogic.com/colorblind/#%23DA5526-%23D58900-%23F6893D-%23FEB338-%23009E73-%23697F98-%23005C61>, June 2020. Accessed: 16-06-2020.
- [124] Rafael Torres. Verdes. <https://davidmathlogic.com/colorblind/#%234CAF50-%23388E3C>, June 2020. Accessed: 16-06-2020.
- [125] Invisible Toys. 7 best augmented reality sdk to start ar development. <https://invisible.toys/best-augmented-reality-sdk/>, July 2018. Accessed: 3-12-2018.

- [126] Unity. Unity. <https://unity3d.com/pt>, December 2018. Accessed: 12-12-2018.
- [127] urbanXcode Team Developer. Jardim botânico da madeira. https://play.google.com/store/apps/details?id=com.Madeira_BG, December 2018. Accessed: 5-12-2018.
- [128] Venngage. sunny & warm. <https://davidmathlogic.com/colorblind/#%23DA5526-%23F6893D-%23FEB338-%23D8C6B4-%23697F90>, June 2020. Accessed: 16-06-2020.
- [129] Hardy Mueller Victor Shcherb, Alexey Pelykh et al. Offline mobile maps and navigation. <https://osmand.net/>, December 2018. Accessed: 1-12-2018.
- [130] Ltd. VisionStar Information Technology (Shanghai) Co. Feature comparison. <https://www.easyar.com/view/sdk.html>, December 2018. Accessed: 3-12-2018.
- [131] Ltd. VisionStar Information Technology (Shanghai) Co. What's new in easyar. <https://www.easyar.com/view/moreActive.html>, December 2018. Accessed: 14-04-2020.
- [132] Ltd. VisionStar Information Technology (Shanghai) Co. Easyar-best engine for developing augmented reality. <https://www.easyar.com>, June 2019. Accessed: 22-06-2019.
- [133] Vuforia. Features. <https://engine.vuforia.com/features>, December 2018. Accessed: 12-02-2020.
- [134] Vuforia. Ready to deploy? <https://developer.vuforia.com/vui/pricing>, December 2018. Accessed: 3-12-2018.
- [135] Vuforia. The world's most widely deployed ar. <https://engine.vuforia.com/engine>, September 2019. Accessed: 07-09-2019.
- [136] Vuforia. Vuforia fusion. <https://library.vuforia.com/articles/Training/vuforia-fusion-article.html>, January 2020. Accessed: 12-02-2020.
- [137] Wikipedia. Tango (platform). https://en.wikipedia.org/wiki/Tango_%28platform%29, December 2017. Accessed: 09-09-2019.
- [138] wikipedia. Apple worldwide developers conference. https://pt.wikipedia.org/wiki/Apple_Worldwide_Developers_Conference, June 2019. Accessed: 26-03-2020.
- [139] wiktitude. Wikitude at awe usa 2017: Auggie awards, talks and more. <https://www.wiktitude.com/blog-wiktitude-winner-auggie-awards-2017/>, June 2017. Accessed: 26-03-2020.
- [140] wiktitude. Our mission. <https://www.wiktitude.com/about/>, January 2018. Accessed: 14-04-2020.
- [141] Bang Wong. Bang wong. <https://davidmathlogic.com/colorblind/#%23000000-%23E69F00-%2356B4E9-%23009E73-%23F0E442-%230072B2-%23D55E00-%23CC79A7>, June 2020. Accessed: 16-06-2020.

-
- [142] xeno canto. Sharing bird sounds from around the world. <https://www.xeno-canto.org/>, May 2020. Accessed: 2-05-2020.
- [143] CHARLES YEAGER. Everything you need to know about chroma key and green screen footage. <https://www.premiumbeat.com/blog/chroma-key-green-screen-guide/>, July 2019. Accessed: 17-04-2020.
- [144] zeitfenster app. zeitfenster-app. <http://www.zeitfenster-app.de/>, December 2017. Accessed: 10-10-2018.
- [145] 3DF Zephyr. 3df zephyr free. <https://www.3dflow.net/3df-zephyr-free/>, December 2018. Accessed: 3-12-2018.

Apêndice A

Pesquisa de ferramentas detalhada

A.1 Vuforia

Funcionalidades do Vuforia:

- Reconhecimento de vários tipos de objetos, 3D e 2D [10]: planos, colindro, cubos [61, 46];
- Imagens alvo: o conteúdo é colocado em objetos planos depois do alvo ser reconhecido, por exemplo, revistas [109, 46] (Figura 3.4a);
- Alvos cilindros: como o nome sugere, essa funcionalidade permite o reconhecimento de objetos cilíndricos e cónicos, por exemplo, latas e tubos [109, 46] (Figura 3.4b);
- Múltiplos alvos: o conteúdo é colocado em objetos tridimensionais com superfícies planas, mas com vários lados [109] (Figura 3.4c);
- Objetos alvo: requer a digitalização de um objeto para colocar o conteúdo sobre ele, por exemplo, o reconhecimento facial no *Snapchat* [109];
- Alvos modelo: modelos 3D pré-existentes são usados para reconhecer e rastrear objetos específicos no mundo real, digitalizando a forma de um objeto [109, 61];
- Possui códigos de barras próprios, marcas fiduciais, *VuMarks*, que podem codificar dados e atuar como marcas e imagens alvo [5, 26, 46] (Figura 3.4d);
- Reconhecimento de texto, mais de 100 mil palavras no vocabulário Inglês: pode ser usado um vocabulário personalizado pelo programador, se necessário [10, 5];
- Alvos definidos pelo utilizador: Os alvos definidos pelo utilizador são imagens alvo criadas em tempo de execução a partir de *frames* da câmara selecionados pelo utilizador [105, 46]. Estes alvos têm as mesmas características de uma imagem alvo padrão, com a exceção de que não suportam botões virtuais [105, 46];
- Processo de reconhecimento localmente e em base de dados na *nuvem* [61, 10];
- Detecção do plano do chão [96]: uma funcionalidade do *Unity* que permite anexar o conteúdo no chão ou em superfícies, como uma mesa [121, 61]. Ajuda a criar aplicações e *designs* visuais de alta qualidade [121, 61, 133];

- Reprodução de vídeo [10]: pode reproduzir vídeos com base nas especificações fornecidas, em superfícies ou imagens alvo [5];
- Efeitos de background [15];
- Botões virtuais que transformam várias superfícies em ecrãs sensíveis ao toque [10];
- *Fusion*: O *Fusion* resolve o problema de fragmentação nas tecnologias de RA, incluindo câmaras, sensores, *chipsets* e estruturas de *software* como o *ARKit* e *ARCore* [61, 136]. Deteta os recursos ao dispositivo subjacentes e funde-os com os recursos ao *Vuforia*, permitindo que os programadores confiem numa única API (Interface de programação de aplicações) do *Vuforia* para obter uma experiência ideal de recuperação de falhas [61, 136]. O *Vuforia Fusion* traz recursos avançados do *Vuforia* para dispositivos compatíveis com *ARKit* e *ARCore*, além de outros modelos de dispositivos *Android* e *iOS* [61, 136].
- Gestão de oclusão: permite que o *Vuforia* reconheça objetos parcialmente ocultos [15];
- Realidade mista e suporte para óculos, incluindo o *Microsoft HoloLens* [96].

A.2 Wikitude

Este SDK é um combina todas as tecnologias existentes de RA:

- Reconhecimento e rastreamento de imagens: funciona com até 1000 imagens que podem ser reconhecidas offline [10, 118, 99, 121, 61, 109, 93, 105, 96, 46];
- Reconhecimento e rastreamento de objetos: cria um ponto de contacto adicional de interação com os utilizadores, permitindo experiências de RA em tempo real e 360 graus em torno de uma variedade de objetos do mundo real [10, 118, 99, 121, 109, 105, 96, 46];
- Rastreamento instantâneo sem marca (baseado em SLAM): capaz de mapear ambientes com facilidade e exibir conteúdo de RA sem a necessidade de uma imagem alvo (sem marca), funciona em ambientes fechados e abertos [10, 118, 99, 121, 5, 61, 109, 93, 105, 96, 46];
- Reconhecimento e rastreamento simultâneo de várias imagens: depois de as imagens serem reconhecidas, os programadores poderão colocar modelos 3D, botões, vídeos, imagens em cada alvo. Além disso, os conteúdos poderão interagir entre si com base nas posições dos alvos. O reconhecimento de várias imagens alvo pode ser usado para trazer interatividade a muitas aplicações; [10, 118, 99, 121, 61, 109, 93, 105, 46]
- Rastreamento estendido além do alvo: depois de a imagem alvo ser reconhecida, os utilizadores podem continuar a experiência RA, movendo seus dispositivos livremente, sem a necessidade de manter a marca no campo de visão da câmara. Esta funcionalidade funciona em simultâneo com o algoritmo SLAM do *Wikitude*, tendo um desempenho robusto para aplicações baseadas no *Wikitude*; [10, 121, 5, 105, 46]
- Serviços baseados em localização com rastreamento geográfico: esta funcionalidade torna simples o trabalho com dados georreferenciados. O *design* e o *layout* dos seus PoI são totalmente personalizáveis para atender qualquer necessidade do programador; [10, 5, 61, 109, 93, 105, 46]

- Opções avançadas da câmara [5];
- Conteúdos 3D animados [10];
- O plug-in para *Unity* fornece as ferramentas para criação de base de dados de objetos 3D e de imagens. Possibilita o carregamento e renderização de modelos 3D numa cena de RA, capaz de importar modelos 3D de ferramentas como o *Autodesk*, *Maya 3D* ou *Blender*; [93, 105]
- Pode ser usado localmente ou com bases de dados de imagens na *nuvem* para identificação e processamento mais rápido. Permite que os programadores trabalhem com milhares de imagens alvo guardadas na *nuvem*. A tecnologia do *Wikitude* é uma solução escalável com tempo de resposta muito rápido e uma alta taxa de reconhecimento. Inclui 1 milhão de chamadas de *scan* para o serviço na *nuvem* por mês por cada uma. Opções de servidor dedicado e ofertas personalizadas disponíveis para empresas; [10, 5, 109, 93, 105, 96]
- Suporte para ARCore e ARKit [99, 121, 61];
- Reconhecimento de cena: capaz de renderizar grandes objetos para jogos ao ar livre, construção etc. [121];
- Alvos instantâneos: capaz de guardar e compartilhar alvos e objetos instantaneamente [121];
- Visualização ao vivo do *Unity*: funcionalidade de exibição de RA no editor do *Unity* para testar as funcionalidades do SDK [121].

A.3 ARKit

Estas são as suas principais funcionalidades:

- Experiência partilhada, podendo os utilizadores visualizar simultaneamente modelos de RA e jogar jogos multi-jogador, por exemplo, jogos que podem ser jogados entre dois iPads por duas pessoas diferentes [15, 125, 121, 61];
- Experiência persistente, que permite guardar o progresso na experiência de RA, sair da experiência, interagir com outras aplicações e continuar a experiência sem perder o seu progresso. Isto facilita, por exemplo, a criação de quebra-cabeças de RA [15, 125, 61];
- Reconhecimento e rastreamento de imagens, o que permite criar experiências de RA com posters, ilustrações, sinais, objetos móveis como caixas de produtos ou revistas [15, 121];
- Reconhecimento e rastreamento de objetos 3D, como esculturas, brinquedos ou móveis [15, 121, 61];
- Rastreamento de movimento, estável e rápido [10, 99, 96, 46];
- Rastreamento baseado em SLAM [10, 96, 46];
- Estimativa de planos com limites simples, como mesas e pisos [10, 99, 96, 46];
- Compreensão eficiente do espaço, podendo objetos virtuais ser colocados em superfícies com maior precisão, funciona excepcionalmente bem em superfícies planas [10, 99, 121, 5, 109, 96, 46];

- Estimativa da iluminação do objeto virtual de acordo com a iluminação do ambiente [10, 99, 121, 5, 109, 96, 46];
- Câmara *TrueDepth* capaz de reconhecer a posição, estrutura e expressão do rosto do utilizador, tudo com alta precisão, o que facilita a aplicação de efeitos em tempo real [5, 96, 46];
- Odometria Visual de Inércia (VIO) que reúne os dados do sensor da câmara com os dados do *Core Motion* e rastreia movimentos dos dispositivos sem nenhuma calibração adicional [5, 109, 96];
- Hardware de alto desempenho e otimizações de renderização [96].

A.4 ARCore

De modo a combinar o mundo digital com o mundo real, o *ARCore* destaca-se por estas três funcionalidades:

- Rastreamento de movimento baseado em SLAM, ao rastrear a posição do dispositivo em tempo real, permite que os utilizadores se movimentem e interajam com o conteúdo virtual renderizado no mundo 3D [51, 10, 99, 121, 61, 96, 46];
- Compreensão do ambiente, permite detetar o tamanho e localização das superfícies, horizontais e verticais, e até angulares [51, 10, 121, 61, 96, 46]. Assim, torna possível que os objetos virtuais sejam colocados de modo que pareça que se ligam fisicamente ao mundo real, onde utilizadores podem descobrir e interagir com os seus dispositivos *Android* e *iOS* [51, 10, 121, 61, 96, 46];
- Estimativa de luminosidade, ao estimar as condições de iluminação do mundo real ajusta a luminosidade, dinamicamente, de acordo com o ambiente físico, permite a renderização de objetos com aparência realista [51, 10, 99, 121, 61, 96, 46].

A.5 ARToolkit

Estas são as suas principais funcionalidades:

- Reconhecimento e rastreamento de imagens planares / características naturais [51, 93, 121, 96, 46]: suporta imagens 2D de forma livre que podem não ter uma borda externa claramente definida e consistente, como por exemplo, um suporte para copos e um *outdoor* na estrada [96];
- Reconhecimento e rastreamento de quadrados com silhuetas pretas simples [93, 121, 96, 46]: são, geralmente, um ícone bastante simples com uma borda preta sólida, obrigatória, em torno da periferia [96, 46];
- Reconhecimento e rastreamento de códigos de barras [96]: são predefinidos, no próprio SDK, e, geralmente, altamente otimizados para reconhecimento rápido e rastreamento sólido em condições de iluminação variáveis [96];
- *Plugins* para *Unity* [51, 93, 121, 96];
- *Plugins* para *OpenSceneGraph* [93, 121, 96];
- Integração com GPS e bússola [15, 105, 96];

- Calibração automática da câmara e ópticas estereoscópicas [15, 51, 105, 121, 96];
- Reconhecimento e rastreamento da posição e orientação dos dispositivos com câmaras normais e telescópicas [51, 93, 121];
- Suporta óculos inteligentes [93, 105, 121];
- Suporta capacetes de RV [93];
- Rápido o suficiente para as atuais aplicações de RA em tempo real [93, 121];

A.6 Kudan

Estas são as funcionalidades que o destacam:

- Rastreamento baseado em marcas, 2D e 3D, e sem marcas, como o SLAM [5, 61, 15, 96, 46], para localizar simultaneamente o dispositivo em relação ao ambiente ao mesmo tempo que mapeia a estrutura 3D da área circundante [125]. O SLAM pode ser usado com qualquer câmara ou sensor. A sua precisão de rastreamento nas câmaras dos *smartphones* é exata com um erro de meros milímetros;
- Sistema de alta velocidade e baixo consumo usa menos de 5% do CPU de um dispositivo móvel e continua a funcionar sob condições extremas de iluminação [125]. Isto permite que os programadores renderizem o conteúdo 3D de RA em tamanho real e num ambiente real onde pretenderem [5];
- Suporta gráficos 3D de alta qualidade, juntamente com ferramentas de mapeamento/*shader* e transformação de texturas em tempo real [5, 61];
- Suporta sensores de câmara como profundidade para renderizar conteúdo virtual no local do alvo [5];
- Gestor simples e seguro de bases de dados no editor do *Unity* [61];
- É ágil o suficiente para ser usado de várias maneiras, como num *head-mounted display* ou incorporado num *chipset* [5, 96].

Apêndice B

Método para centrar a imagem de assistência e respetivo conteúdo de vídeo ou imagem

- no caso de a imagem de assistência e vídeo ou imagem terem orientação horizontal, tendo as dimensões originais da imagem (a e l), ao comparar o rácio da dimensão do ecrã do dispositivo ($lDisp / aDisp$) com o da imagem (l / a), de modo a ser sempre maior que 1:
 - se o rácio do ecrã for maior, estabelecer dinamicamente o valor (m) da margem de topo e de fundo da imagem e calcular as suas novas dimensões ($aNova$ e $lNova$); assim, a $aNova$ será igual à $aDisp$ subtraída por duas vezes o m ; por fim, para calcular a $lNova$, sabemos através da regra de três simples que será igual a $aNova * l / a$;
 - se o rácio do ecrã for menor, estabelecer dinamicamente o valor (m) das margens laterais da imagem e calcular as suas novas dimensões ($aNova$ e $lNova$); assim, a $lNova$ será igual à $lDisp$ subtraída por duas vezes o m ; por fim, para calcular a $aNova$, sabemos através da regra de três simples que será igual a $lNova * a / l$.
- no caso de a imagem de assistência e vídeo ou imagem terem orientação vertical, tendo as dimensões originais da imagem (a e l), ao comparar o rácio da dimensão do ecrã do dispositivo ($aDisp / lDisp$) com o da imagem (a / l), de modo a ser sempre maior que 1:
 - se o rácio do ecrã for maior, estabelecer dinamicamente o valor (m) das margens laterais da imagem e calcular as suas novas dimensões ($aNova$ e $lNova$); assim, a $lNova$ será igual à $lDisp$ subtraída por duas vezes o m ; por fim, para calcular a $aNova$, sabemos através da regra de três simples que será igual a $lNova * a / l$;
 - se o rácio do ecrã for menor, estabelecer dinamicamente o valor (m) da margem de topo e de fundo da imagem e calcular as suas novas dimensões ($aNova$ e $lNova$); assim, a $aNova$ será igual à $aDisp$ subtraída por duas vezes o m ; por fim, para calcular a $lNova$, sabemos através da regra de três simples que será igual a $aNova * l / a$.

Apêndice C

Criação de experiências de RA recorrendo ao *AREB*

- Demonstração do reconhecimento de marcas com a ferramenta AREB:
 - Experiência de RA com carvalho na FCUL (Imagem informativa): foi usada uma marca com o antigo logótipo do JBT que, ao ser reconhecida, era coberta com uma imagem com bolotas e o nome da árvore (Figura 3.7). Solução possível para mostrar informação sobre as árvores no JBT.
 - * Para criar esta experiência recorreu-se ao *AREB*, criando na BD uma nova lista de configuração, com auxílio da ferramenta *Futon* [48], com o nome *arvores*. Após criada, adicionou-se uma nova experiência de alinhamento com recurso a imagem, escolhendo como *alvo*, o marcador do JBT, e como *objeto*, a imagem das bolotas com o nome da árvore. De forma a que a imagem aparentasse ter as dimensões corretas, foram alteradas nos campos devidos. E por fim, de modo a que o marcador ficasse tapado pela imagem, a posição da mesma foi alterada juntamente com a sua inclinação de 50° com o objetivo de poder ser lida facilmente sem apontar diretamente para o marcador.
 - * Nesta experiência pretendeu-se mostrar que é possível visualizar qualquer informação sobre uma planta do JBT usando um marcador. Neste caso, uma imagem do fruto do carvalho com o nome científico do mesmo e nome comum (Figura 3.7).
- Demonstração do reconhecimento de imagens
 - Experiência de RA com azulejo do JBT impresso: a imagem de um painel de azulejos do JBT foi usada como imagem a reconhecer. Após a sua detecção era coberta com um vídeo previamente produzido num trabalho disciplina de Animação e Ambientes Virtuais (Figura 3.8).
 - * Para criar esta experiência recorreu-se ao *AREB*, criando na BD uma nova lista de configuração, com auxílio da ferramenta *Futon* [48], com o nome *azulejo*. Após criada, adicionou-se uma nova experiência de alinhamento com recurso a imagem, escolhendo como *alvo*, a imagem do azulejo do JBT (Figura 3.8) e como *objeto*, o vídeo a mostrar. O vídeo é composto pela animação do azulejo na tentativa de “resolver o puzzle” de ordenar cada ladrinho para que

o azulejo fique “ordenado”. De forma a que o vídeo surgisse e tapasse a imagem do azulejo, foram feitas alterações no seu tamanho e posição assim como na inclinação alterada para 90° nos campos correspondentes.

- * Nesta experiência pretendeu-se mostrar que é possível visualizar vídeos usando qualquer imagem. Neste caso, o vídeo criado por um grupo da cadeira de

Animação e Ambientes Virtuais do Mestrado de Informática/Engenharia Informática de Ciências ULisboa (Figura 3.8).

- Experiência de RA com estátua da FCUL realizada com *EasyAR* e *Unity*: foram usadas 4 imagens alvo com 4 pontos de vista diferentes da estátua: frente, direita, atrás e de frente (Figura 3.9). Quando o dispositivo móvel apontava para a estátua, esta era reconhecida e mostrada uma caixa de texto (Figura 3.10).

- * Para criar esta experiência recorreu-se ao *EasyAR* e ao *Unity*. Foram criados quatro *rastreadores* de imagens distintos (objetos criados com a finalidade de reconhecer e rastrear uma imagem) para cada uma das quatro faces escolhidas da estátua, frente, direita, esquerda e trás. Assim sendo, foram criados quatro *alvos* (objetos criados com a finalidade de serem reconhecidos por um *rastreador*), aos quais foram associadas as imagens da estátua do JBT (Figura 3.9). Depois de criados os *alvos*, foram inseridas, “dentro” destes, as caixas de texto com informação sobre a estátua, de maneira a que ficasse não nível das pernas da estátua (Figura 3.10).

- * Nesta experiência pretendeu-se mostrar que é possível visualizar caixas de texto usando o reconhecimento de imagens. Apesar disso, esta experiência é ainda muito limitada, visto que apenas é possível ver a caixa de texto quando o utilizador alinha o *smartphone* numa posição que seja possível o *EasyAR* reconhecer (Figura 3.10).

- Demonstração do alinhamento com recurso ao giroscópio e bússola do smartphone com a ferramenta AREB

- Experiência de RA com estátua da FCUL: foi indicada como direção alvo 200° em relação a Norte. Quando se aponta nesta direção, é mostrada uma caixa de texto (Figura 3.11)

- * Para criar esta experiência recorreu-se ao *AREB*, criando na BD uma nova lista de configuração, com auxílio da ferramenta *Futon* [48], com o nome *estatua-compass*. Após criada, adicionou-se uma nova experiência de alinhamento com recurso ao giroscópio e bússola do *smartphone*, escolhendo como *alvo*, 200° em relação ao norte. Como *objeto*, é mostrado uma caixa de texto com informação sobre a estátua. De forma a que a caixa de texto aparecesse um pouco à frente da estátua foi definida uma distância de 2.5 metros entre o utilizador e a caixa de texto.

- * Nesta experiência pretendeu-se mostrar que é possível visualizar caixas de texto usando o giroscópio e bússola do *smartphone*. Apesar de, apenas ser possível visualizar a caixa de texto quando o utilizador se posiciona numa determinada posição em relação à estátua, neste caso à frente da mesma. Caso estivesse atrás da estátua a apontar para a estátua,

a caixa de texto apareceria na direção contrária à do utilizador, ou seja, a 200° do Norte (Figura 3.11).

- Demonstração do alinhamento assistido por imagem com a ferramenta AREB (Figura 3.12)
 - Experiência de RA com carvalho da FCUL (Vídeo lúdico): foi escolhido como alvo, um ícone simples de uma árvore que irá assistir o alinhamento. Quando o ícone aparece na imagem, o utilizador alinha-o com uma árvore real e carrega no botão alinhar. É mostrado um vídeo que foi composto à custa de 3 vídeos com fundo verde. Este fundo verde é tornado transparente e vêem-se pássaros sobre a árvore real (Figura 3.12)
 - * Para criar esta experiência recorreu-se ao AREB, criando na BD uma nova lista de configuração, com auxílio da ferramenta *Futon* [48], com o nome *arvore_passaro*. Após criada, adicionou-se uma nova experiência de alinhamento assistido por imagem, escolhendo como *alvo*, um ícone simples de uma árvore que irá assistir o utilizador no alinhamento. Como *objeto*, o vídeo a mostrar. O vídeo é composto por três vídeos com fundo verde editados com a ferramenta de software de edição de vídeo *Adobe Premiere Pro* [1]. De forma a que o vídeo ficasse na posição ideal, posição em que desse a ilusão de que de facto existe um pássaro na árvore, outros a voar ao longe e um último a voar bem perto do utilizador, foi necessário posicionar o vídeo a 2 metros de distância do utilizador e mudar a sua posição. De seguida ativaram-se as opções de “Auto play” e “Loop” para que o vídeo parecesse não ter fim e iniciasse prontamente. Por fim alterou-se limiar de transparência para 0.3, pois os vídeos tinham tons de fundo verde diferentes entre eles.
 - * Nesta experiência pretendeu-se mostrar que é possível visualizar vídeos com recurso ao alinhamento assistido por imagem. Neste caso, visualizar várias espécies de aves a voar nas redondezas (Figura 3.12).
 - Experiências de RA com árvore sem folhas da FCUL (Imagem de árvore com folhas): experiência análoga à anterior, mas agora é mostrada a imagem de uma árvore com 50% de transparência (Figura 3.13 à esquerda). Será uma forma de mostrar imagens da mesma árvore em épocas diferentes do ano
 - * Para criar esta experiência recorreu-se ao AREB, criando na BD uma nova lista de configuração, com auxílio da ferramenta *Futon* [48], com o nome *arvore_folhas*. Após criada, adicionou-se uma nova experiência de alinhamento assistido por imagem, escolhendo como *alvo*, um ícone simples de uma árvore que irá assistir o utilizador no alinhamento. Como *objeto*, é inserida uma imagem de uma árvore com folhas editada com o software de edição de imagem *Adobe Photoshop CC* [2] com 50% de transparência.
 - * Nesta experiência pretendeu-se mostrar que é possível visualizar imagens com recurso ao alinhamento assistido por imagem. Neste caso, visualizar uma árvore no verão quando o utilizador se encontra no inverno à frente de uma árvore sem folhas (Figura 3.13).
 - Experiências de RA com carvalho da FCUL (Imagem de árvore em flor): experiência análoga à anterior, com a imagem de uma árvore com flor com 70% de transparência (Figura 3.13 à

direita)

- * Para criar esta experiência recorreu-se ao *AREB*, criando na BD uma nova lista de configuração, com auxílio da ferramenta *Futon* [48], com o nome *arvore_flor*. Após criada, adicionou-se uma nova experiência de alinhamento assistido por imagem, escolhendo como *alvo* um ícone simples de uma árvore que irá assistir o utilizador no alinhamento. Como *objeto*, é inserida uma imagem de uma árvore em flor editada com o software de edição de imagem *Adobe Photoshop CC* [2] com 70% de transparência.
- * Nesta experiência pretendeu-se mostrar que é possível visualizar imagens com recurso ao alinhamento assistido por imagem. Neste caso, visualizar uma árvore com flor quando o utilizador se encontra numa época do ano com uma árvore sem flor à sua frente (Figura 3.13).

Apêndice D

Criação do *Alpha Video* para as experiências de RA de reconhecimento e rastreamento de imagens e marcadores com vídeos de fundo verde

Começando por criar um projeto *kdenlive* com as opções aconselhadas nos guias, 2048x576 de resolução com os *frames* por segundo originais do vídeo, para que seja compatível com os dispositivos mais antigos e de gama baixa (Figura D.1). Podendo assim fazer a importação do conteúdo de vídeo a modificar, já com o fundo verde (Figura D.2).

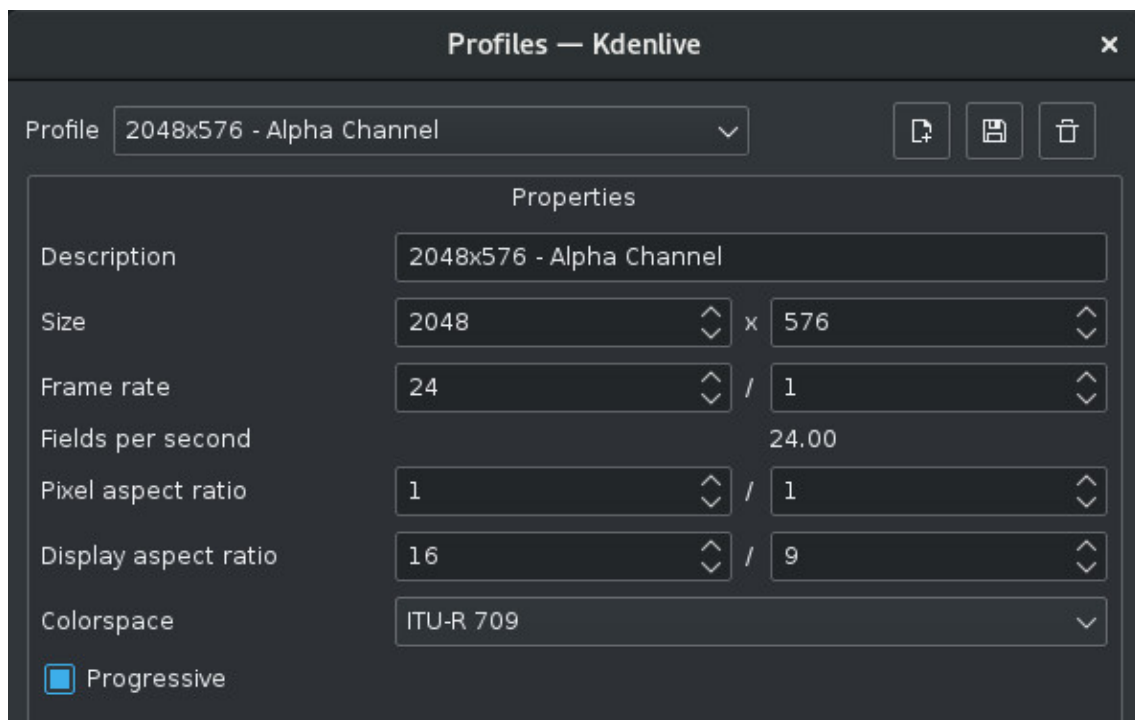


Figura D.1: Criação das opções de projeto aconselhadas

Assim, a primeira coisa a fazer é colocar a faixa de vídeo importada na linha do tempo do editor de

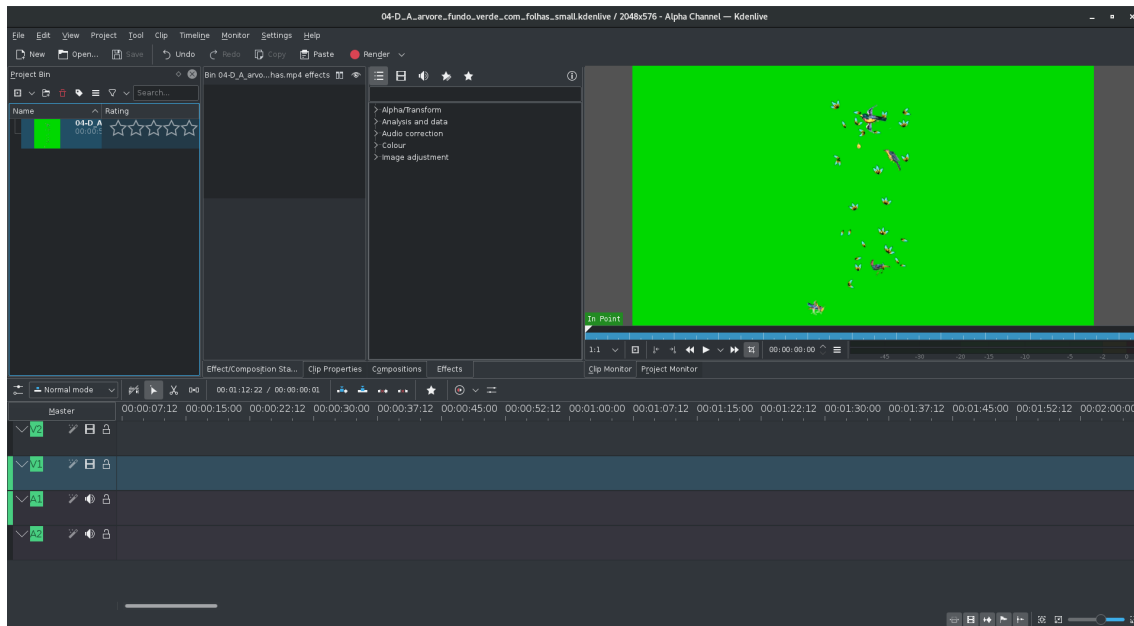


Figura D.2: Criação do ficheiro *kdenlive* e importação do conteúdo de vídeo com fundo verde

vídeo, criar uma cópia e colocá-la diretamente por cima da original na linha do tempo (Figura D.3).

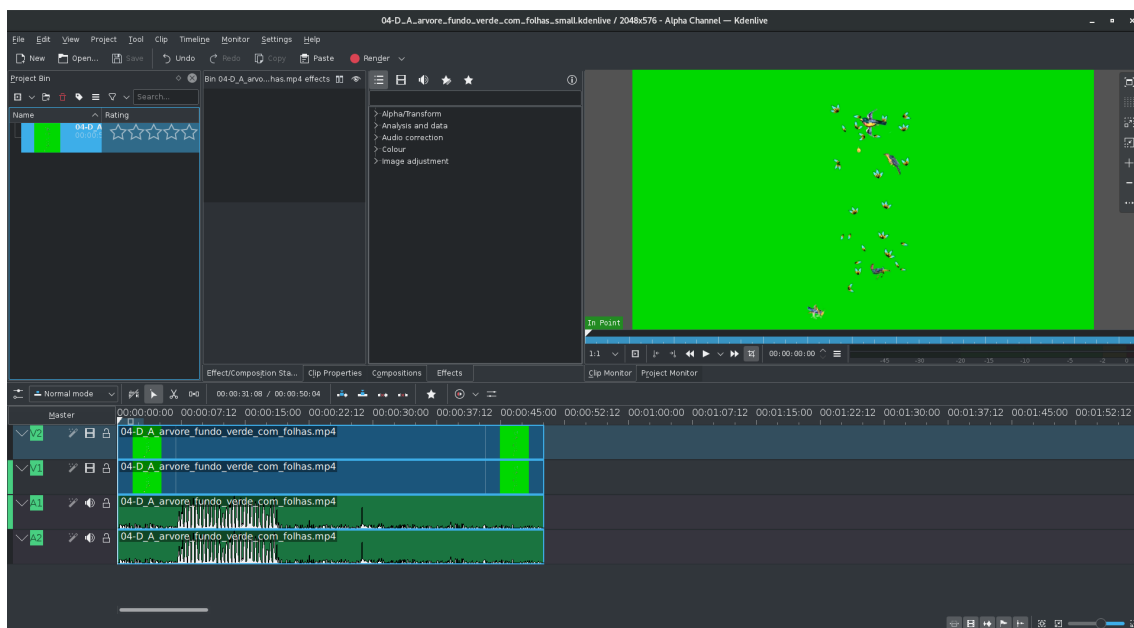


Figura D.3: Criação de cópia da faixa original e colocação por cima da original na linha de tempo

Desta forma, ao procurar na lista de efeitos do editor, usar o efeito *Chroma Key: Advanced (Color Selection)*, e aplicá-lo à faixa copiada. De seguida, escolher a cor chave para o efeito, neste caso o verde do fundo. Após a escolha feita, através do conta gotas do editor, que facilita a escolha da cor, o efeito criado foi copiado para a faixa de baixo, a original, tornando, deste modo, o fundo preto (Figura D.4).

Por conseguinte, ter-se-á de aplicar mais um efeito, chamado de *Alpha Operations*, à faixa do topo, a copiada, com o fim de que essa faixa apenas exiba conteúdo a cinza, escolhendo o modo de exibição *Alpha*

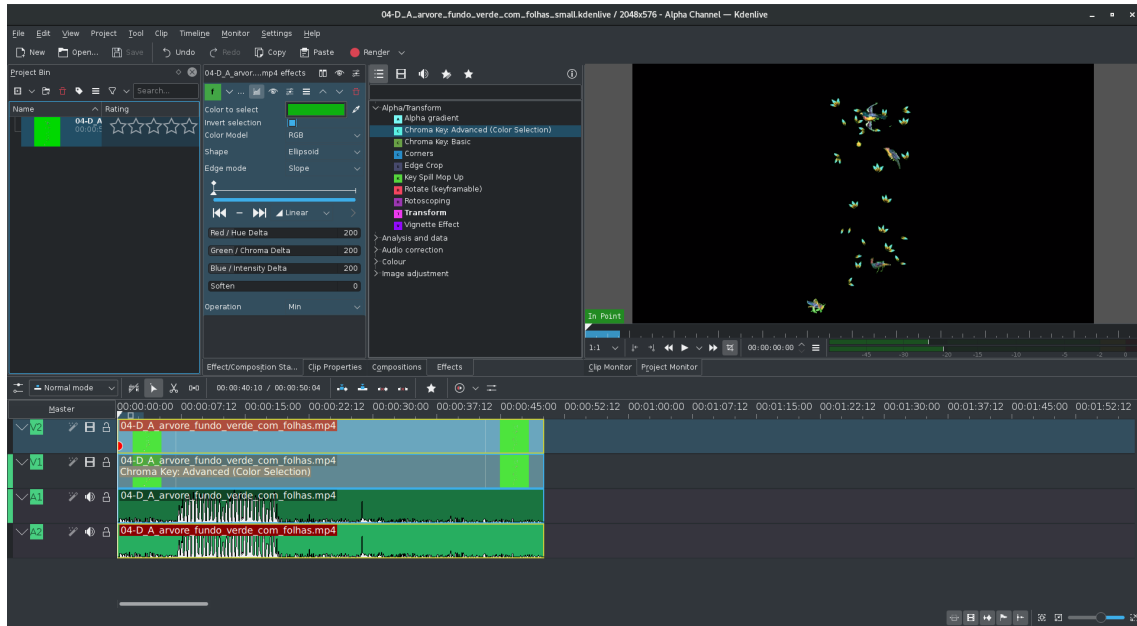


Figura D.4: Aplicação do efeito *Chroma Key: Advanced (Color Selection)* a ambas as faixas criadas

as gray (Figura D.5).

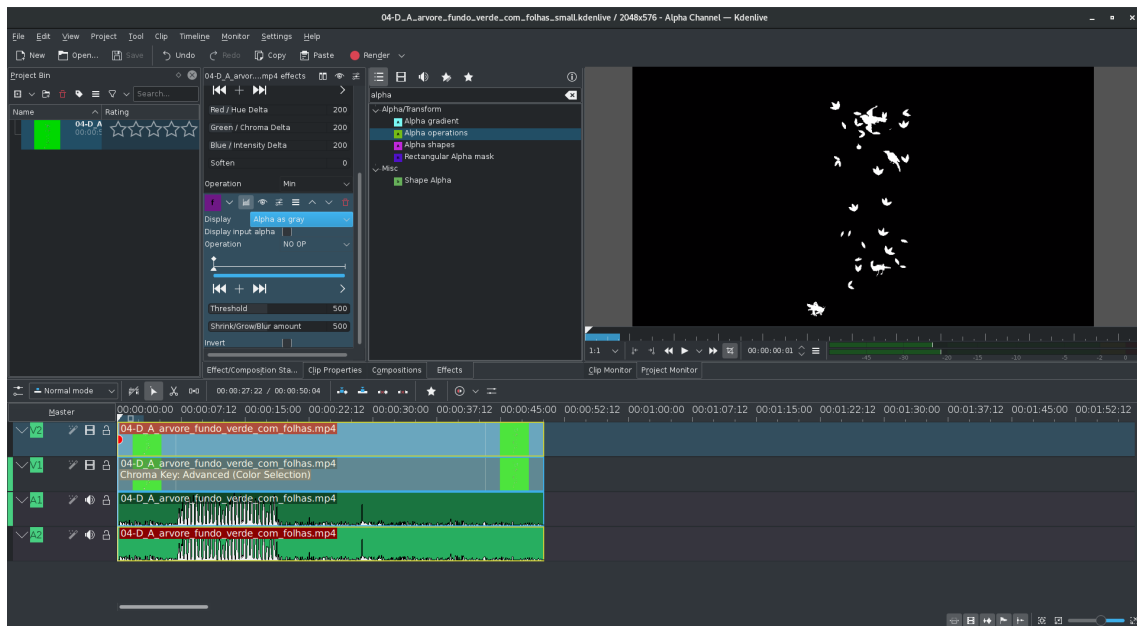


Figura D.5: Aplicação do efeito *Alpha Operations* à faixa copiada

Feito isto, ter-se-ão de colocar as duas faixas lado a lado. Assim, usando o efeito *Transform*, corrigimos a resolução das duas faixas para a correta de 1024x576 com o fim de caberem as duas neste *Alpha Video*. Com o mesmo efeito, move-se a versão a cinza para a direita e a original para a esquerda, ficando assim cada uma na metade respetiva do vídeo (Figura D.6).

Faltando, por fim, renderizar o vídeo em formato MP4 e usá-lo como conteúdo a ser alinhado na experiência de RA ao reconhecer e rastrear o azulejo da árvore.

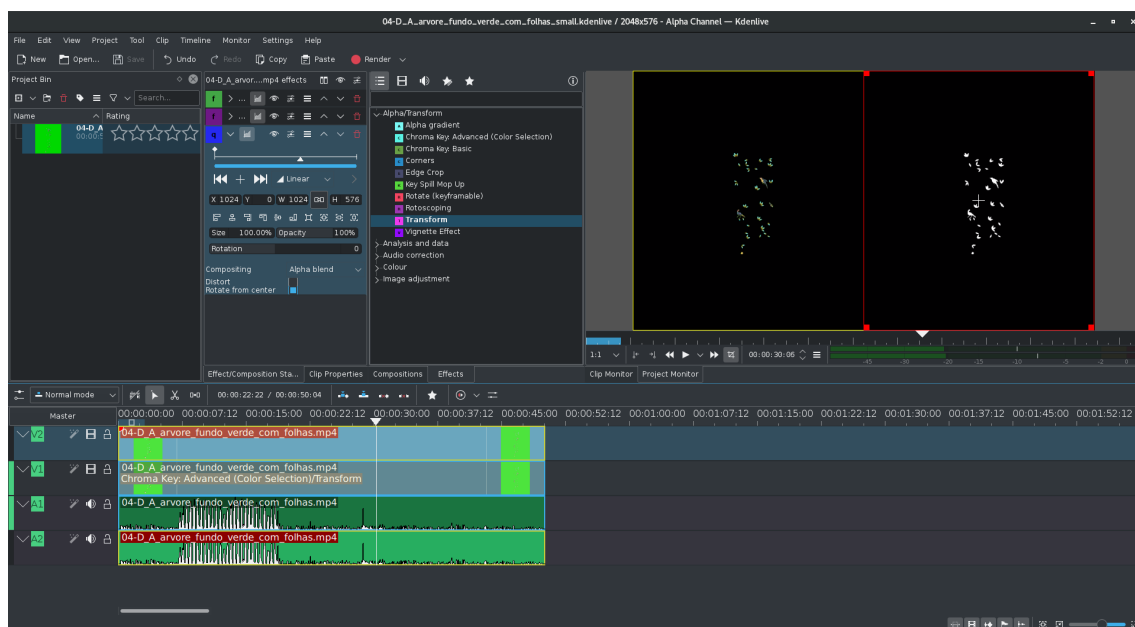


Figura D.6: Aplicação do efeito *Transform* às duas faixas

Apêndice E

Imagens do lapso de tempo antes e depois de limpas



Figura E.1: Fotografias da *Ceiba speciosa* antes (esquerda) e depois (direita) de limpas



Figura E.2: Fotografias da *Erythrina coralloides* antes (cima) e depois (baixo) de limpas



Figura E.3: Fotografias da *Phytolacca dioica* antes (cima) e depois (baixo) de limpas

Apêndice F

Arquitetura da Componente de RA

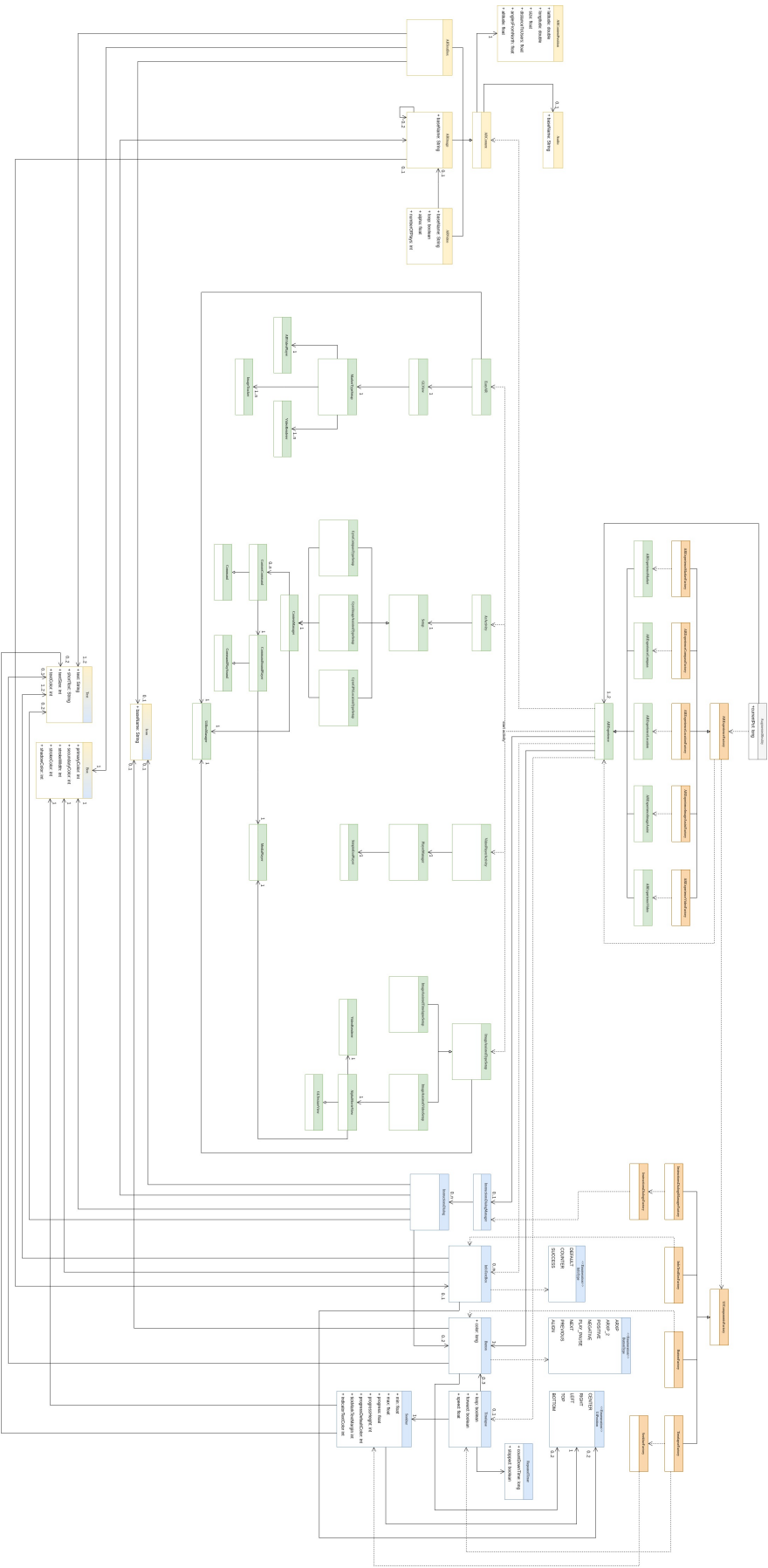


Figura F.1: Arquitetura da Componente de RA

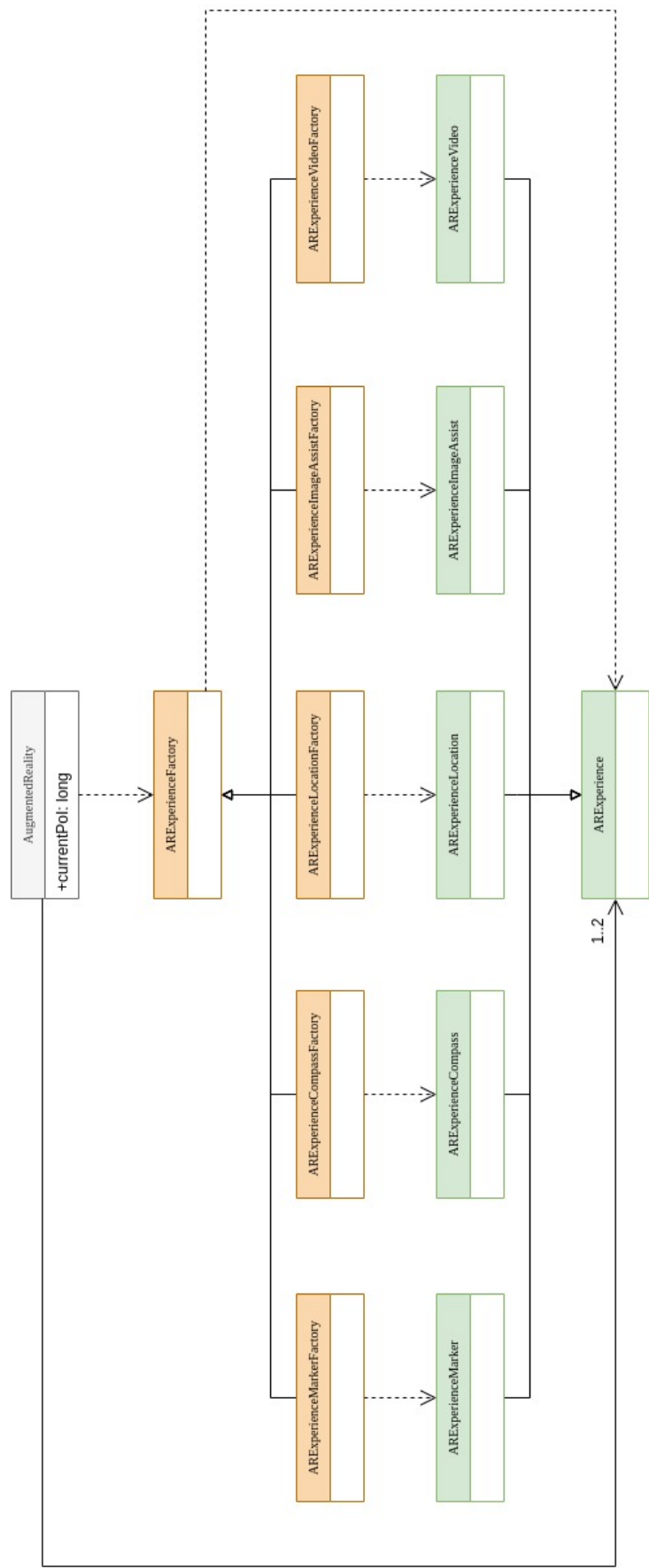


Figura F.2: Classes criadoras das experiências de RA

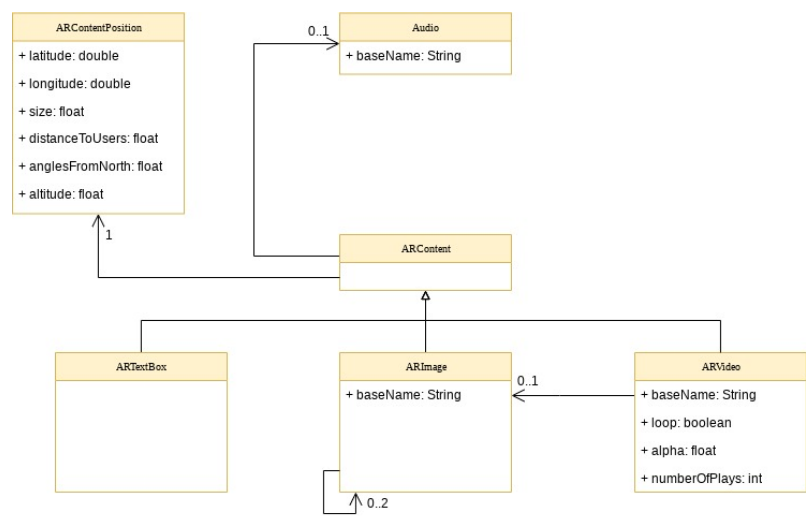


Figura F.3: Classes dos conteúdos de RA

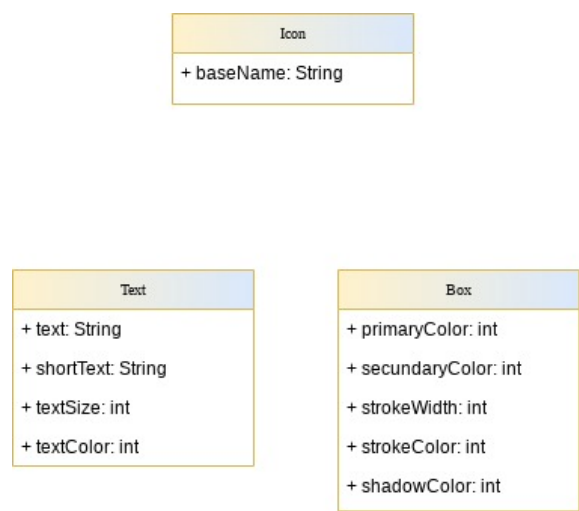


Figura F.4: Classes dos conteúdos das componentes de IU e dos conteúdos de RA

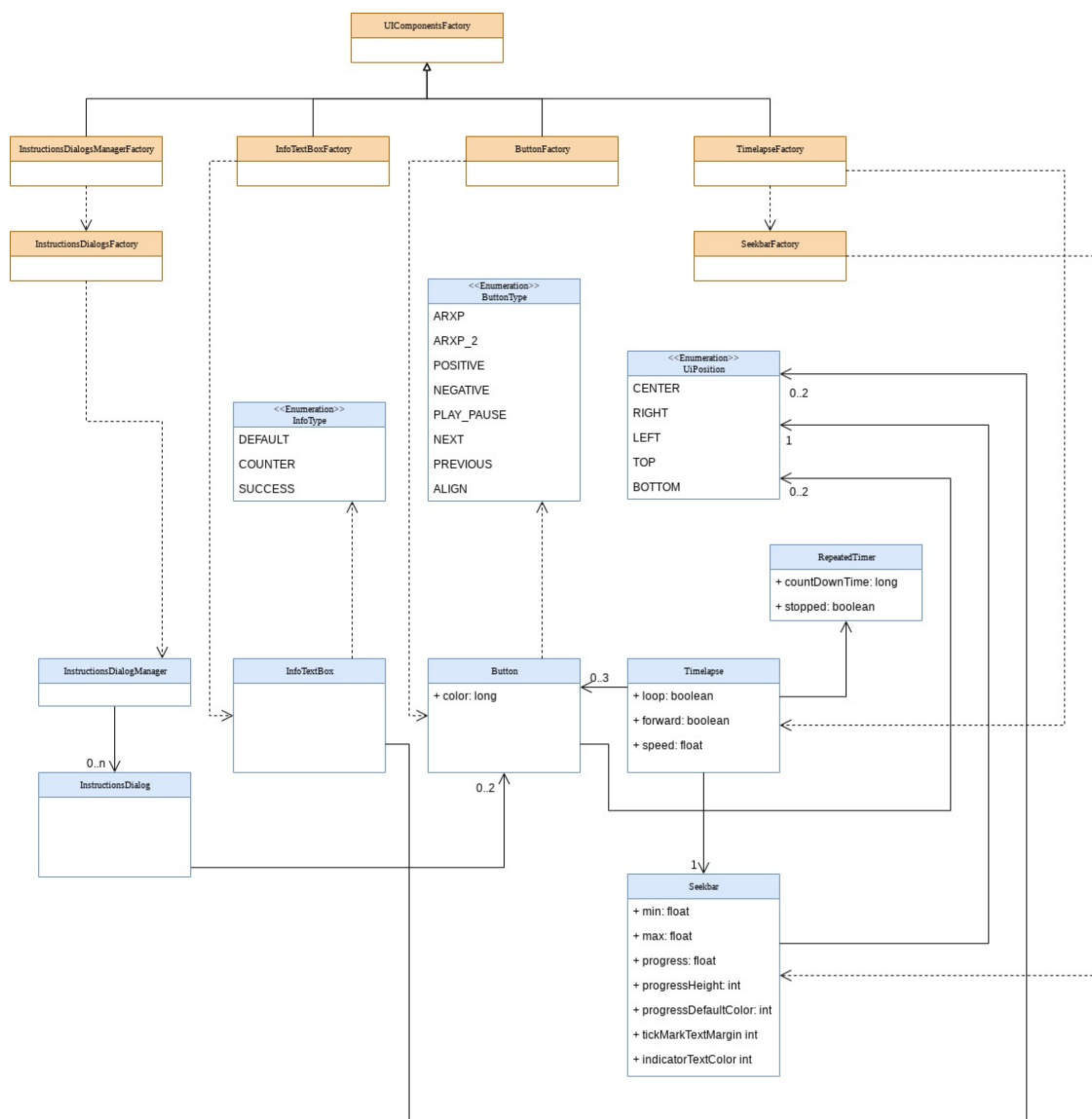


Figura F.5: Classes criadoras das componentes de IU

